

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-293049

(43) 公開日 平成8年(1996)11月5日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 7 B 15/00	5 1 0		G 0 7 B 15/00	5 1 0
G 0 1 B 11/00			G 0 1 B 11/00	P
G 0 8 G 1/017			G 0 8 G 1/017	Z
H 0 4 N 7/18			H 0 4 N 7/18	D
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 43 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-82523

(22) 出願日 平成7年(1995)4月7日

(31) 優先権主張番号 特願平6-74659

(32) 優先日 平6(1994)4月13日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平7-32142

(32) 優先日 平7(1995)2月21日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

See I.P.E.R.

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 八木 浩一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 砂原 秀一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 大前 雅則

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

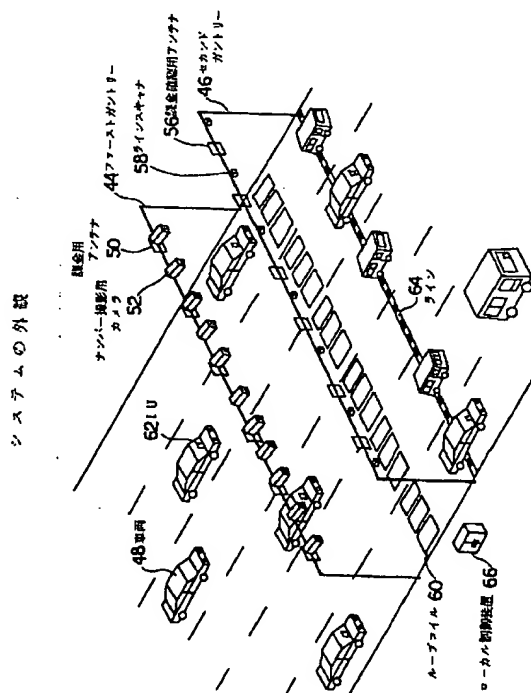
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動課金システム

(57) 【要約】

【目的】 フリーレーン走行時の課金を可能にする。

【構成】 ファーストガントリー44上の課金用アンテナ50によって車両48上のインビークルユニット(IU)62と交信し課金する。ループコイル60又はラインスキャナ58によって車両48の通過を検出し、ナンバー撮影用カメラ52によってその車両48のナンバープレートを撮影する。セカンドガントリー46上の課金確認用アンテナ56によってIU62と交信し課金を確認する。正常課金が確認された場合にはローカル制御装置66はその旨をシステム制御装置に知らせ、異常課金が確認された場合には違反車両48のナンバープレート違反車両画像としてシステム制御装置に送信する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定本数の車線を跨ぐよう配設された第 1 ガントリーと、  
上記所定本数の車線を跨ぐようかつ車両進行方向に沿い第 1 ガントリーの下流側に配設された第 2 ガントリーと、  
通行料金を課すべく第 1 ガントリー下を通過する車両と無線交信する課金手段と、  
第 1 ガントリー下を通過した車両の車線横断方向通過位置を検出する通過位置検出手段と、  
第 2 ガントリー下を通過する車両と無線交信することにより、当該車両に通行料金が正常に課されていることを確認する課金確認手段と、  
検出された車線横断方向通過位置を撮影箇所の決定に利用しながら、少なくとも通行料金が正常に課されているとの確認が得られなかった車両を撮影する違反車両撮影手段と、  
を有することを特徴とする自動課金システム。

【請求項 2】 請求項 1 記載の自動課金システムにおいて、  
通過位置検出手段が、  
道路中に 1 車線当たり複数個埋設されその上を車両が通過した場合にその出力信号値が変化するインダクタと、  
インダクタの出力信号値の変化に基づきインダクタ上を車両が通過したことを検出する通過検出手段と、  
を含むことを特徴とする自動課金システム。

【請求項 3】 請求項 2 記載の自動課金システムにおいて、  
通過位置検出手段が、  
インダクタの出力信号値の変化を高感度で検出する高感度検出手段と、  
インダクタの出力信号値の変化を低感度で検出する低感度検出手段と、  
高感度での検出結果と低感度での検出結果を総合することによりインダクタ上を通過した車両の車種を識別する車種識別手段と、  
を含むことを特徴とする自動課金システム。

【請求項 4】 請求項 1 記載の自動課金システムにおいて、  
通過位置検出手段が、  
道路上に形成された濃淡パターンを撮影する濃淡パターン撮影手段と、  
濃淡パターン撮影手段により撮影された画像中の濃淡パターンの乱れに基づき濃淡パターン上を車両が通過したことを検出する通過検出手段と、  
を含むことを特徴とする自動課金システム。

【請求項 5】 請求項 4 記載の自動課金システムにおいて、  
濃淡パターン撮影手段が、車線の境界近傍を撮影可能な位置に配設されたことを特徴とする自動課金システム。

【請求項 6】 請求項 1 記載の自動課金システムにおいて、  
第 1 ガントリー下を通過した車両の速度を検出する通過速度検出手段と、  
検出した速度に応じて車両の撮影タイミングを調整する撮影タイミング調整手段と、  
を有することを特徴とする自動課金システム。

【請求項 7】 請求項 1 記載の自動課金システムにおいて、  
課金手段による車両との交信の結果と違反車両撮影手段により撮影された車両とを対応付ける車両特定手段を有することを特徴とする自動課金システム。

【請求項 8】 請求項 1 記載の自動課金システムにおいて、  
通過位置検出手段が、  
車線横断方向に沿い路面を走査するようかつ所定タイミングで路面に向け光線を投射する発光体と、  
反射光を受光する受光体と、  
受光体により受光された反射光に基づき車線横断方向通過位置を検出する手段と、  
を有することを特徴とする自動課金システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、有料道路等を走行する車両に対し通行料金を自動的に課金（決済等を含む）するための自動課金システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】有料道路を走行する車両に対し通行料金を課金するために、従来から各種のシステムが提案されている。図 2 には、特開平 4 - 3 4 6 8 4 号公報により開示されたシステムの外観が示されている。

【0003】この図の状態は、車両 10 がゲートに進入する直前の状態である。車両 10 がゲートに進入していくと、ゲート入口に立てられている車両分離器 12 及び 14 によってそのことが光学的に検出され、料金自動収受器 30 にその旨が報知される。また、車両分離器 12 及び 14 の下流側に立てられている車両分離器 16 及び 18 も、同様に車両 10 の進入を光学的に検出する。これら、2 対の車両分離器 12 及び 14 並びに 16 及び 18 を併用することにより、複数台の車両 10 が縦列進入した場合に各車両 10 を分離でき、また車両 10 の進入方向を知ることができる。

【0004】車両分離器 16 及び 18 の下流側には、オーバハング検出器 20 及び 22 や、車長検出器 24 及び 26 が設けられている。これらはいずれも車両 10 の進入を光学的に検出する。料金自動収受器 30 は、オーバハング検出器 20 及び 22 の出力に基づき車両 10 の前部突出部（オーバハング）の有無を検出することにより、車種の識別（車両 10 が例えばバスであるのか乗用車であるのかの識別）を行う。また、料金自動収受器 3

0は、車長検出器24及び26の出力に基づき車両10の長さ(車長)を検出する。これらの下流側に設けられているカメラ28は、ゲートに進入してくる車両の前部のナンバープレートを撮影する。

【0005】このシステムの場合、車両操縦者は、車両10が料金自動収受器30に至った時にこの料金自動収受器30に通行料金を現金で投入する。料金が投入されるとその下流側の遮断機32及び34が開く。遮断機32及び34の下流側には、2対の車両分離器36及び38並びに40及び42が立てられている。これらの車両分離器36～42は、遮断機32及び34が開いている間に後続の車両が車両10に続いて料金を払わないまま遮断機32及び34を通過してしまうことを防ぐために使用される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなシステムを実施するためには車両を1台ずつ通過させるためのゲートを設けなければならない。ゲートを設ける際にはインターチェンジの形式を採る必要があるため、実施できる場所が限られてしまい、またその設置、維持、管理等の費用が必要となる。さらに、ゲートを設けるとこれを高速で走り抜けることができなくなるから、実施環境によっては渋滞の原因となり、また高速道路等に適用するに当たっては高速交通という本来目的の阻害要因ともなる。

【0007】ゲートを設ける大きな目的の一つは、車両毎に確実に課金し、また料金を支払わない車両を確実に検出することにある。例えば前述の従来例では、車両の進入、その方向、車種、車長等の検出・識別を、ゲート毎に設けた光学的手段によって行っている。このような手段で当該検出・識別を行うことができるのは、1車線毎に1個のゲートを設けているからである。同じように光学的手段(例えば光電スイッチ)を用いた場合でも、この手段が複数車線に跨がるように配設されているならば、横並びで走行している複数の車両を区別・分離できない。このような必要から、従来は、ゲートを設けることを余儀なくされていた。

【0008】本発明は、このような問題点を解決することを課題としてなされたものであり、例えば複数の車線上を複数の車両が横並びで走行するフリーレーン走行であっても各車両を分離検出可能にすることにより、ゲートを廃止し、以て自動課金システムをインターチェンジではなく本線上に設けることを可能にし、またその実施をより容易かつ安価にすることを目的とする。本発明は、さらに、ゲートを廃止すると共に無線技術を用いて課金及び課金確認を行うことにより、車両が高速で走行している状態でも課金及び違反車両(料金不払い等の車両)検出を実行可能にし、また渋滞を防ぐことを目的とする。本発明は、さらに、車両検出のための手段、処理及びその配置を改善することにより、横並び又は縦列走

行している複数の車両を精度良くかつ高速に分離検出可能にし、検出の際の死角をなくし、さらには正確な車種の判定を可能にすることを目的とする。本発明は、また、適切なタイミングでナンバープレート撮影を行うことを目的とする。本発明は、そして、データ処理方法の改善によって違反車両の特定を容易にすることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明の自動課金システムは、所定本数(一般には複数)の車線を跨ぐよう配設された第1ガントリーと、上記所定本数の車線を跨ぐようかつ車両進行方向に沿い第1ガントリーの下流側に配設された第2ガントリーと、通行料金を課すべく、第1ガントリー下を通過する車両と無線交信する課金手段と、第1ガントリー下を通過した車両の車線横断方向通過位置を検出する通過位置検出手段と、第2ガントリー下を通過する車両と無線交信することにより当該車両に通行料金が正常に課されていることを確認する課金確認手段と、検出された車線横断方向通過位置を撮影箇所の決定に利用しながら、少なくとも通行料金が正常に課されているとの確認が得られなかった車両を撮影する違反車両撮影手段と、を有することを特徴とする。

【0010】また、本発明は、通過位置検出手段が、道路中に1車線当たり複数個埋設されその上を車両が通過した場合にその出力信号値が変化するインダクタと、インダクタの出力信号値の変化に基づきインダクタ上を車両が通過したことを検出する通過検出手段と、を含むことを特徴とする。本発明は、さらに、この通過検出手段が、インダクタの出力信号値の変化を高感度で検出する高感度検出手段と、インダクタの出力信号値の変化を低感度で検出する低感度検出手段と、高感度での検出結果と低感度での検出結果を総合することによりインダクタ上を通過した車両の車種を識別する車種識別手段と、を含むことを特徴とする。

【0011】本発明は、通過位置検出手段が、道路上に形成された濃淡パターンを撮影する濃淡パターン撮影手段と、濃淡パターン撮影手段により撮影された画像中の濃淡パターンの乱れに基づき濃淡パターン上を車両が通過したことを検出する通過検出手段と、を含むことを特徴とする。本発明は、さらに、この濃淡パターン撮影手段が、車線の境界近傍を撮影可能な位置に配設されたことを特徴とする。

【0012】本発明は、さらに、第1ガントリー下を通過した車両の速度を検出する通過速度検出手段と、検出した速度に応じて車両の撮影タイミングを調整する撮影タイミング調整手段と、を有することを特徴とする。

【0013】本発明は、課金手段による車両との交信の結果と違反車両撮影手段により撮影された車両とを対応付ける車両特定手段を有することを特徴とする。

【0014】本発明は、そして、通過位置検出手段が、車線横断方向に沿い路面を走査するようかつ所定タイミングで路面に向け光線を投射する発光体と、反射光を受光する受光体と、受光体により受光された反射光に基づき車線横断方向通過位置を検出する手段と、を有することを特徴とする。

【0015】

【作用】本発明の自動課金システムにおいては、一般に複数の車線を跨ぐよう、第1及び第2ガントリーが配設される。第2ガントリーは、車両の流れに沿って見た場合第1ガントリーの下流側に位置する。本発明においては、さらに、課金手段、通過位置検出手段、課金確認手段及び違反車両撮影手段が設けられる。車両が第1ガントリー下を通過する際には、課金手段によって車両との無線通信が行われ、車両に通行料金が課される（課金）。続いて、この車両の車線横断方向通過位置が通過位置検出手段によって検出される。車両が第2ガントリー下を通過する際には、課金確認手段によって車両との無線通信が行われ、課金が正常に行われたか否かが確認される。さらに、少なくとも課金が正常に行われていない車両の撮影が行われ、違反車両が検出される。その際にいずれの車両を違反車両として撮影するかは、通過位置検出手段によって検出される車線横断方向通過位置を利用して決定する。

【0016】このように、本発明においては、課金手段による車両との通信にて課金が行われるため、料金収受のための装置に利用者が通行料金を投入する必要がない。また、課金確認手段による車両との通信にて課金確認が行われ、違反車両が撮影されるため、違反車両を遮るための遮断機を設ける必要がない。さらに、違反車両の特定は通過位置検出手段によって検出される車線横断方向通過位置に基づき行われるため、第1及び第2ガントリー下に複数の車線が存在しておりかつ車両がこれらの車線をフリーレーン走行している場合であっても、各車線の車両を分離検出できるから、違反車両の撮影及び対応する処理が正確に行われる。従って、本発明においてはゲートを設けることなく課金、課金確認、違反者検出等の一連の機能が実現されるから、インターチェンジではなく本線上で自動課金システムを実施可能になりかつ複数の車線上をフリーレーン走行している各車両に対して課金等を行うことが可能になる。この結果、自動課金システムの実施が容易かつ安価になる。また、ゲートを廃止する一方で、課金及び課金確認を車両との無線通信で行うようにしているため、車両が高速で走行している場合にも対処可能になり、従って渋滞の発生を防止できる。

【0017】本発明における通過位置検出手段は、道路中にインダクタを埋設することにより実現可能である。このインダクタの上を車両が通過すると、車両を構成する各種磁性体によって当該インダクタのインダクタンス

が変化し、従ってインダクタの出力信号値（振幅や位相）が変化する。通過検出手段は、インダクタの出力信号値の変化に基づきインダクタ上を車両が通過したことを検出する。さらに、インダクタは1車線当たり複数個埋設される。従って、いずれのインダクタの上を車両が通過したかにより、車両の通過位置を車線横断方向に沿い必要な分解能で検出できる。また、複数台の車両が横並びで走行している場合であっても、これらの車両の間隔が十分あいていれば、あるいは十分あいていなくてもインダクタの出力に基づく分析を実行することにより、これらの車両の通過位置を車両毎に分離して検出できる。さらに、例えば1車線当たり複数個設けられたインダクタのうち1個のみについて出力信号値の変化が現れたら、通過車両はその車幅の狭いバイク等の車両であると見なす等、上述の検出結果を利用した車種識別等も可能になる。

【0018】さらに、本発明においては、インダクタの出力信号値を用いた通過検出が2種類の感度で行われ、両感度による検出結果の総合によって車種識別が行われる。例えば、第1の車種に属する車両がインダクタ上を通過した場合にはインダクタの出力信号値の変化がさほど小さくなく、第2の車種に属する車両がインダクタ上を通過した場合にはインダクタの出力信号値の変化が非常に大きいとする。この場合、第1の車種に属する車両の通過は低感度検出手段によっては検出され得ないが、第2の車種に属する車両の通過は検出され得る。従って、高感度検出手段及び低感度検出手段双方により通過が検出された車両の車種は第2の車種であると思なすことができ、高感度検出手段のみにより通過が検出された車両の車種は第1の車種であると思なすことができる。従って、本発明においては、車種の正確な識別が可能になる。

【0019】本発明における通過位置検出手段は、道路上に濃淡パターンを形成しこれを撮影することによっても実現できる。車両がこの濃淡パターン上に存在していない状態では、撮影によって得られる画像には濃淡パターンを示す画像が含まれている。濃淡パターン上を車両が通過すると、これによって画像中の濃淡パターンが乱れる。この構成においては、通過検出手段は、画像中の濃淡パターンの乱れを検出し、これを車両の通過として検出する。また、乱れの生じた箇所を、車両の通過位置として検出する。このように濃淡パターンを用いた場合、濃淡パターンを構成する“濃”の部分と“淡”の部分の反射率の差を利用して濃淡パターン撮影・検出に校正を施すことができるため、日照の変化や陰影の発生等の影響を低減できる。

【0020】本発明においては、濃淡パターンを撮影するための濃淡パターン撮影手段が、車線の境界近傍を撮影可能な位置に配設される。このような配置により、濃淡パターンを用いた車両通過検出の際の死角が低減す

る。すなわち、2階建てバスのように車高の高い車両が車線中央を走行しており、その脇をバイクのように車高の低い車両が走行している場合にも、車高の低い車両の通過が好適に検出される。

【0021】本発明においては、また、第1ガントリー下を通過した車両の速度が検出され、検出した速度に応じて車両の撮影タイミングが調整される。従って、車両の撮影が、車両の速度に応じた適切なタイミングで実行される。

【0022】本発明においては、課金手段による車両との交信の結果と、違反車両撮影手段により撮影された車両とが、車両特定手段によって対応付けされる。これにより、違反車の特定が正確かつ容易となる。

【0023】そして、本発明においては、発光体によって路面に向け光線が投射され、反射光が受光体により受光される。従って、本発明においては、反射物体、例えば路面や車両の存在を検出することが可能になる。さらに、本発明においては、発光体により車線横断方向に沿った路面が走査され、かつ、光線の投射が所定タイミングで実行される。従って、受光体により受光された反射光を利用することにより、車両の車線横断方向通過位置を検出することができる。その際、路面によごれがあったとしても何等かの反射光を受光できるから、濃淡パターンを用いた車線横断方向通過位置検出に比べ、路面の汚れに強い位置検出が実現される。

【0024】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例について図面に基づき説明する。

【0025】(1) システムの外観

図1には、本発明の一実施例に係る自動課金システム、特にファースト及びセカンドガントリー近傍の外観が示されている。本実施例においてはゲートは設けられておらず、複数の車線(図では6車線)に跨がるファーストガントリー44及びセカンドガントリー46が設けられている。すなわち、本実施例のシステムはインターチェンジを設けることなく、本線上で実施される。ただし、本発明は単一車線の道路にて実施することもできる。

【0026】車両48は、図中左上から右下へとフリーレーン走行している。また、ファーストガントリー44は車両48の進行方向上流側に、セカンドガントリー46は下流側に、それぞれ設けられている。ファーストガントリー44とセカンドガントリー46の間隔は、検出の対象となる車両48の最高速度に応じ設定されている。すなわち、ファーストガントリー44及びセカンドガントリー46の下を走り抜ける間に、少なくとも最高速度以下で走行している車両48については課金、課金確認、違反車特定等の処理が終わるよう、上記間隔が設定されている。

【0027】ファーストガントリー44上には、課金用アンテナ50及びナンバー撮影用カメラ52が配設され

ている。課金用アンテナ50は1車線当たり1個配設されており、対応する車線上を走行している車両48(詳細にはそのIU(インピークルユニット)62:後述)との間で、課金に関する通信を行う。ナンバー撮影用カメラ52はn車線当たり2n-1個配設されており、車線上を走行している車両48のナンバープレート撮影のために使用される。なお、撮影対象はナンバープレートには限定されず、車両操縦者等を含め、車両を特定できる画像データが得られればよい。また、ナンバー撮影用カメラ52の個数を車線数より多くすることにより、1個のナンバー撮影用カメラ52の水平方向画素数がさほど多くなくても、すべてのナンバー撮影用カメラ52を総合した水平方向解像度を実質的に高めることができる。

【0028】これらは、図1で図示を省略した照明54と共に、例えば路上5.7mの高さに配設される(図3参照)。ナンバー撮影用カメラ52及び照明54は、例えば、課金用アンテナ50からみて下流側0.5mの位置に設ける。課金用アンテナ50は、図示しないが、IU62との無線通信のためファーストガントリー44の直下又はやや上流側を指向している。ナンバー撮影用カメラ52は、後述するループコイル60上を通過した車両48について、そのナンバープレートを撮影できるよう、配設する。すなわち、ナンバー撮影用カメラ52の俯角は、ループコイル60を車両48が通過した後の時点で車両48のナンバープレートが撮影範囲500に入るように、設定されている。なお、ナンバー撮影用カメラ52の配設位置はループコイル60等の位置や車両48の速度範囲に応じて設定する必要があり、例えばセカンドガントリー46上にナンバー撮影用カメラ52を設けてもよい。照明54は、少なくともカメラ撮影範囲500を照明する。

【0029】セカンドガントリー46上には、課金確認用アンテナ56及びライセンスキャナ58が配設されている。課金確認用アンテナ56は課金用アンテナ50と同様1車線当たり1個配設されており、対応する車線上を走行している車両48のIU62との間で、課金確認に関する通信を行う。ライセンスキャナ58は、後述するように、死角をなくすためにn車線当たりn+1個配設されている。また、課金確認用アンテナ56及びライセンスキャナ58は、図3に示されるように、課金用アンテナ50と同程度の路上高に配設される。また、課金確認用アンテナ56の通信領域502も、やはり、ループコイル60上を車両48が通過した後の時点で車両48上のIU62との通信が可能となるよう、設定されている。

【0030】道路側には、ループコイル60が設けられている。ループコイル60は地中に埋設されたコイルであり、図1中にはその埋設位置を方形枠で示している。その上を車両48が通過すると、これに応じてループコイル60のインダクタンスが変化するから、ループコイ

ル60に交流信号を供給しインダクタンス変化に伴う電圧振幅又は位相の変化を検出することにより、車両48の通過を検出することができる。ループコイル60は、ファーストガントリー44とセカンドガントリー46の間の所定地点に埋設されており、1車線当たりの埋設個数は複数とする。例えば、図4に示されるように1車線(1レーン)当たり3個としてもよいし、図5に示されるように1車線当たり4個としてもよい。このように1車線当たり多数のループコイル60を用いることにより、いずれのループコイル60の出力が変化したかによって車両48の通過位置を高い分解能で知ることができ、またどのようなパターンで出力が変化したかによって車種を知ることができる。ただし、ループコイル60をセカンドガントリー46の下流に埋設してもかまわない。

【0031】道路側には、さらに、ライン64が設けられている。ライン64は、所定のピッチで交互に白と黒が現れる白黒パターンを構成している。ラインスキャナ58は、このライン64を撮影できるよう、セカンドガントリー46上に配設されている。車両48がライン64上に存在していない状態では、ラインスキャナ58によって撮影される画像は白黒パターンを示しており、車両48がライン64上を横切るとこれによって画像中の白黒パターンが崩れるから、どの様に崩れたかを知ることによって、車両48の通過、通過位置、車種等を知ることができる。また、“白”と“黒”の反射率の差を利用してキャリブレーションを施し環境に影響されない検出を実現できる。

【0032】ライン64は、例えば車線を横断するようかつ所定ピッチで白黒交互に塗布された塗料によって形成する。このようにすると、ライン64を安価に形成できる反面、比較的高頻度でのメンテナンスが必要になる。また、ライン64は、セラミクス、タイル等によっても形成できる。このようにすると、塗料の場合に比べ寿命が長くなりメンテナンスが容易になる。また、白タイル等の反射率と路面の反射率との差が白黒塗料間の反射率の差に比べ大きいから、タイル等のうち黒を省略できる。加えて、ライン64は、リフレクタを用いても実現できる。リフレクタの反射率は大きいから、タイル等の場合と同様の効果をより顕著に得ることができる。また、ラインスキャナ58に照明を付設しその反射光をラインスキャナ58によって捕らえる構成でも構わない。

【0033】また、ラインスキャナ58の位置は、例えば図6及び図7に示されるような位置である。図6及び図7に示されているのは車線数=3の例であり、ラインスキャナ58は合計4個設けられている。このように、ラインスキャナ58の個数を $n$ 車線当たり $n+1$ とした場合、車線分離線の近傍もラインスキャナ58の撮影範囲504内に入る。図6及び図7の例では、各ラインスキャナ58をそれぞれ広角撮影可能な構成とし隣接する

ラインスキャナ58同士の撮影範囲504を互いに重複させており、また両端のラインスキャナ58の位置は路肩から例えば1.1m程度、すなわちバイクの車幅に若干の余裕を加えた程度の幅に設定している。このようなラインスキャナ58の配置によって、例えば2階建てバスのように車高が高い車両の脇をバイクが走行しているときに、このバイクを検出することが可能になる。

【0034】道路脇には、ローカル制御装置66が配設されている。ローカル制御装置66は、ファーストガントリー44上及びセカンドガントリー46上の各機器を制御し、またこれらの機器を用いて必要な情報を得る。ローカル制御装置66は、遠隔配置されているシステム制御装置68(図8参照)から指令を受信し、またシステム制御装置68に対し必要な情報を送信する。

【0035】(2)システム各部の機能

図8には、ローカル制御装置66の機能構成が示されている。この図の構成は3車線の場合の構成である。車線数がより多い場合には、これに応じて各部構成を増設すればよい。また、この図ではローカル制御装置66の個数が1個であるが、これは図示の簡略化のためであり、実際のシステムでは1個のシステム制御装置68が一般に複数のローカル制御装置66を制御下に置く。

【0036】ローカル制御装置66は、課金用アンテナ50を制御するアンテナコントローラ(ANTC)70を有している。課金用アンテナ50は1車線毎に1個、3車線の場合には3個設けられる。課金用アンテナ50は、課金の目的で車載のIU62と交信するために用いるアンテナであり、ANTC70はIU62との交信のため全体制御部72からの指令を受け、また交信の結果得られた情報を加工した上で全体制御部72に供給する。

【0037】IU62は、例えば図9に示される機能構成を有している。IU62は、車両48のフロントガラス(例えばルームミラーの下方)等に添付されるユニットである。この図においては、IU62はアンテナ74、無線部76、リーダ・ライタ78及び制御部80から構成されている。アンテナ74は、課金用アンテナ50や課金確認用アンテナ56との間での無線交信のためのアンテナであり、無線部76はこのアンテナ74を用いてローカル制御装置66との間で信号交信を行う。リーダ・ライタ78はスマートカードと呼ばれるICカード82に情報を書き込み又はスマートカード82から情報を読み出すために用いられる。制御部80は、IU62の動作を制御する。

【0038】ローカル制御装置66は、図8に示されるように、ループ式車両検出部84を備えている。ループ式車両検出部84は、各車線に対応して設けられた3個のループ式車両検出ユニット86から構成されている。各ループ式車両検出ユニット86は、対応する車線上のループコイル60を用いて車両検出に関する処理を行

う。ループ式車両検出ユニット86は、車両48が対応するループコイル60上を通過したことを検出するためのユニットであり、その結果を全体制御部72に供給する。

【0039】図10には、ループ式車両検出ユニット86の機能構成が示されている。この図では、図示の簡略化のため1個のループコイル60に対応する構成を示している。ループ式車両検出ユニット86においては、発振部88が発振した交流信号が電力増幅部90によって電力増幅され、ループコイル60に供給される。ループコイル60の上を車両48が通過するとこれに応じてループコイル60のインダクタンスが増加し、その結果ループコイル60の両端に現れる電圧が高くなる。ループコイル60には検出抵抗92が並列接続されており、ループコイル60のインダクタンス変化がこの検出抵抗92によって電圧変化として検出される。検出抵抗92による検出の結果はディテクタコントローラ(DEC)94によって処理され、2個のコンパレータ96及び98に供給される。コンパレータ96及び98は、互いに異なる値に設定された2種類のしきい値と、DEC94の出力を比較する。比較の結果は、車両48の通過を示す信号として全体制御部72に送信される。なお、以下、コンパレータ96及び98に係るしきい値をそれぞれ高感度又は低感度しきい値と呼ぶこととし、またコンパレータ96及び98に係る比較の結果をそれぞれ高感度又は低感度出力と呼ぶこととする。なお、この図の回路ではインダクタンスの変化が電圧変化として検出されているが、位相変化として検出しても構わない。

【0040】図8に示されるローカル制御装置66は、さらに、ライン式車両検出部100を備えている。ライン式車両検出部100はループ式車両検出部84と同様車両48の通過を検出するための手段であり、その結果は全体制御部72に供給される。

【0041】図11には、ライン式車両検出部100の機能構成が示されている。この図のライン式車両検出部100は、ラインスキャナコントローラ102、ラインスキャナデータ読み込み部104、車両検出部106、キャリブレーション部108、ラインスキャナ絞り制御部110及びインタフェース部112から構成されている。

【0042】ラインスキャナコントローラ102は、各ラインスキャナ58に対し電源を供給すると共に、その動作のためのクロックを供給する。ラインスキャナ58はこのクロックに応じてライン64を撮影し、その結果得られた画像信号をラインスキャナデータ読み込み部104に供給する。ラインスキャナデータ読み込み部104は、この画像信号をデジタルデータに変換し、内蔵する画像メモリに格納する。車両検出部106は、画像メモリ上のデータに基づき車両48の検出に関する処理を実行する。その結果として得られる情報、例えば車両4

8の通過の有無、通過した車両48の幅及びその通過位置(車線横断方向位置)等は、インタフェース部112を介して全体制御部72に送信される。

【0043】また、全体制御部72は、必要に応じ、インタフェース部112を介してキャリブレーション部108に指令を与える。キャリブレーション部108は、全体制御部72からの指令に応じ、ラインスキャナデータ読み込み部104中の画像メモリからデータを読み出す。読み出されたデータに含まれる白黒パターンに基づき、キャリブレーション部108はラインスキャナ絞り制御部110に指令を与え、ラインスキャナ絞り制御部110はこの指令に応じてラインスキャナ58の絞りを制御する。この制御により、ラインスキャナデータ読み込み部104の画像メモリ上に白黒パターンを示すデータが、日照等の変化にかかわらず形成される。

【0044】図8のローカル制御装置66は、ナンバー撮影用カメラ52に関する処理及び制御を行う車両撮影部114や、撮影により得られた画像を情報圧縮する画像圧縮部116を備えている。また、車両撮影部114は、各ナンバー撮影用カメラ52に対応して設けられた画像メモリ・プレート検出ユニット118、画像メモリ・プレート検出ユニット118を制御する制御部120及び画像出力に係るインタフェースである画像インタフェース部122を有しており、画像圧縮部116は、各ナンバー撮影用カメラ52に対応して設けられた画像圧縮ユニット124を有している。

【0045】上述のループ式車両検出部84やライン式車両検出部100によって車両48の通過が検出されると、これに応じて全体制御部72がいずれかのナンバー撮影用カメラ52に対しシャッター指令を与え、ナンバー撮影用カメラ52によるナンバープレートの撮影を開始させる。シャッター指令をいずれのナンバー撮影用カメラ52に与えるかは、ループ式車両検出部84やライン式車両検出部100によって検出される車両48の通過位置に応じ、車両48のナンバープレートが写真のほぼ中央に撮影されるよう、全体制御部72が決定する。

【0046】撮影により得られた画像は、対応する画像メモリ・プレート検出ユニット118中の画像メモリに格納される。画像メモリ・プレート検出ユニット118は、画像メモリ中に格納した画像から、車両48のナンバープレートの画像を切り出し、切り出したナンバープレート画像を画像インタフェース部122を介して対応する画像圧縮ユニット124に供給する。制御部120は、画像メモリ・プレート検出ユニット118における画像処理(ナンバープレート画像の切出しを含む)を制御し、好適なナンバープレート画像が得られるまで、ナンバー撮影用カメラ52に対し繰り返しシャッター指令を与える。画像メモリ・プレート検出ユニット118は、一連のシャッター指令によって撮影される複数の画像を蓄えまた自己の視野(カメラ撮影範囲500)に入る複数



の車両48の撮影を可能ならしめるべく、画像を複数枚記憶できる容量を有している。画像圧縮ユニット124は、対応する画像メモリ・プレート検出ユニット118から供給される画像を情報圧縮した上で全体制御部72に供給する。全体制御部72は、圧縮された画像をシステム制御装置68に送信する。

【0047】ローカル制御装置66は、課金確認用アンテナ56による信号送受信を制御すべくANTC126を有している。ANTC126は、車両48上のIU62と無線通信し、確かに課金が行われているかどうかを確認する。全体制御部72は、この確認の結果に応じ、必要な情報をシステム制御装置68に送信する。例えば課金が行われていないことが確認された場合には、ナンバー撮影用カメラ52によって撮影されたナンバープレート画像を、所定のデータと共に、違反証拠用写真としてシステム制御装置68に送信する。

【0048】ローカル制御装置66は、加えて、照明制御部128及び環境制御部130を有している。照明制御部128は、路面の照度が所定値以下に至ったときに照明54により路面を照明させ、また所定値以上に至ったときに照明を消灯させる。これによって、ナンバープレートの撮影が、天候や昼夜の如何にかかわらず好適に行われる。環境制御部130は、周囲温度や湿度を検出し、その結果を全体制御部72に与える。全体制御部72は、この検出結果に応じ、ローカル制御装置66各部が正常かつ好適に機能するよう制御する。正常に機能し得ない程度又はその恐れが生じる程度まで環境条件が悪化した場合には、全体制御部72はその旨をシステム制御装置68に通報する。

【0049】(3) 課金処理の概要  
図12には、本実施例における処理全体の流れが示されている。また、図13には、課金処理の概略の流れが示されている。

【0050】図12に示されるように、本実施例においては、まずシステム制御装置68から各ローカル制御装置66に料金徴収開始指令が発せられる(1000)。その際には、同時に、課金処理に必要な情報がシステム制御装置68から各ローカル制御装置66に送信される。各ローカル制御装置66は、この指令及び情報を得た上で課金処理を実行する(1002)。各ローカル制御装置66は、課金処理を、システム制御装置68から料金徴収終了指令が発せられるまで(1004)繰り返す。

【0051】各ローカル制御装置66における課金処理は、大まかには、図13に示される流れに従って実行される。

【0052】課金用アンテナ50は、ANTC70の制御の下に、ファーストガントリー44下を通過しようとする車両48に対し、無線により呼掛けを行う。ファーストガントリー44下を通過しようとする車両48が、

正常なIU62を搭載している場合には、IU62から所定の管理情報が無線送信される。IU62から送信する管理情報は、例えば車種、所有者、ナンバー、IU62固有の識別符号等の情報である。この種の情報は、制御部80上に保持されており、又はスマートカード82上からリーダー・ライタ78により読み出される。IU62から管理情報が送信されると、課金用アンテナ50によってこの情報が受信され、全体制御部72に送信される。全体制御部72は、IU62から受信した管理情報のうち車種に関する情報を用いて徴収料金の額を決定する。全体制御部72は、受信した管理情報のうちIU62固有の識別符号によって受信すべきIU62を特定しつつ、決定した額を課金用アンテナ50によって車両48側に送信する。IU62は、課金用アンテナ50を介して送信される徴収料金額を、スマートカード82上に記録する(例えばスマートカード82上に記録されている利用限度額から差し引く)。これによって、ファーストガントリー44を利用した課金処理が終了する(1006)。この処理は、遅くとも、車両48が課金確認用アンテナ56の通信領域502に至る以前に終了させる。

【0053】続いて、ローカル制御装置66は、ループコイル60又はラインスキャナ58を用いて、車両48の検出を行い(1008、1010)、さらに車両48の後部(すなわちナンバープレートが設けられている部分)の静止画像撮影を行う(1012)。ループコイル60及びラインスキャナ58はいずれも車両48の検出手段であり、いずれか一方を設けるのみでも構わない。但し、双方を使用することにより車両検出の信頼性を高めることができる。なお、これらの手段に代え、例えば三角測量を原理とする検出器を使用してもよい。

【0054】ローカル制御装置66は、セカンドガントリー46上に設けられている課金確認用アンテナ56を用い、車両48上のIU62と交信する。すなわち、IU62に対し課金確認のための情報の返送を求め、正常時にはIU62がこれに回答する(1014)。課金確認用アンテナ56を介した交信によって正常に課金が行われていることが確認された場合、全体制御部72は、情報圧縮されたナンバープレート画像と共に、課金が正常に行われた旨を、システム制御装置68に送信する(1016)。逆に、IU62からの応答がない場合や、IU62からの応答があったがその内容が課金未終了(例えばスマートカード82上の設定限度額を越えている状態)を示している場合、全体制御部72はこのIU62を搭載している車両48を違反車両と見なし、情報圧縮されたナンバープレート画像を違反車両の画像として、課金が異常終了した旨を示すデータと共に、システム制御装置68に送信する(1018)。

【0055】(4) ループコイルを用いた車両検出の原理



上述のように、本実施例は、車両検出手段としてループコイル60及びラインスキャナ58を備えている。次に、まず、ループコイル60を用いた車両検出の原理について説明する。

【0056】車両48が道路上を走行していくと、図14(a)において実線で示されるように、ある時点で車両48の前部(具体的には車両48の磁性体質量のうち比較的大きな部分を占める前輪車軸の部分)がループコイル60上に差し掛かる(1008)。すると、これに応じてループコイル60のインダクタンスが変化しその結果DETC94の出力波形が立ち上がる(図14

(b)~(d)中のタイミングt0)。但し、ここでは説明の簡略化のため図10と異なりコンパレータが1個であると考え、DETC94の出力波形をコンパレータの出力波形と同一視する。

【0057】車両48が進行しそのIU62が図14

(a)中楕円で示されている課金確認用アンテナ通信領域502内に至ると、課金確認用アンテナ56を介したIU62との通信が可能になる。ローカル制御装置66は、IU62に対し課金確認のための呼掛けを行う。ローカル制御装置66から課金確認用アンテナ56を介した呼掛けがあると、IU62はこれに应答してリーダー・ライタ78によりスマートカード82上の課金情報を読み出し、無線部76からこれをローカル制御装置66に返送する。ローカル制御装置66は、これを、課金確認用アンテナ56によって受信する。

【0058】車両48がさらに進行し、図14(a)中破線で示されるように車両48の後部(具体的には車両48の磁性体質量のうち比較的大きな部分を占める後輪車軸の部分)がループコイル60上を脱すると、これに応じてDETC94の出力が立ち下がる(1010)。図14(b)~(d)においては、この立ち下がりがタイミングが、バス・大型貨物車、乗用車・小型貨物車、バイクのそれぞれについて、t11、t12、t13により表されている。全体制御部72は、これに応じ、ナンバー撮影用カメラ52にシャッター指令を与える(1012)。画像メモリ・プレート検出ユニット118は、ナンバー撮影用カメラ52によって撮影される画像からナンバープレート画像を切り出す。車両48が図14(a)中方形で示されるカメラ撮影範囲500内に入りさらにナンバープレートが好適な位置に至ると、画像メモリ・プレート検出ユニット118によるナンバープレート画像切出の処理が終了し、これに応じてナンバー撮影用カメラ52を用いたナンバー撮影が終了する。

【0059】ループコイル60を用いて車両48を検出する場合、図10に示されるように2種類の比較を行うことにより車種識別が可能になる。図15(a)において実線で示されるように車両48がループコイル60上に差し掛かると、図15(b)に示されるようにDETC94の出力波形が立ち上がっていく。コンパレータ9

6に係るしきい値(高感度しきい値)をコンパレータ98に係るしきい値(低感度しきい値)に比べ小さい値に設定しておく、と、図15(c)に示されるコンパレータ96の出力波形(高感度出力波形)が図15(d)に示されるコンパレータ98の出力波形(低感度出力波形)より先に立ち上がる。車両48が進み図15(a)中破線で示される位置まで進んでいくと、図15(b)に示されるようにその過程でDETC94の出力波形が立ち下がっていく。この過程では、低感度出力波形が高感度出力波形より先に立ち下がる。

【0060】従って、このように2種類のしきい値を用いた場合、時間tHの間立ち上がっている高感度出力波形と、時間tL( $t_L < t_H$ )の間立ち上がっている低感度出力波形とが得られる。また、バイクのように磁性体質量が小さい車両については、ループコイル60のインダクタンス変化が小さいから、DETC94の出力波高値が小さくなり、 $t_L = 0$ となる。すなわち、低感度出力波形が現れなくなる。従って、全体制御部72において高感度及び低感度出力波形を総合して判断することにより、車種識別が可能になる。車種識別の結果は、課金確認や違反車特定に使用される。本発明は、2種類のしきい値には限定されない。

【0061】また、ループコイル60は、図4又は図5に示されるように1車線当たり複数個(例えば3又は4個)設けられている。従って、いずれのループコイル60上を車両48が通過したかを全体制御部72において判断することにより、車両48がいずれの車線のいずれの位置を走行しているのかを知ることができる。また、走行している車両48がバイクである場合、1車線当たり例えば3個設けられているループコイル60のうち1個のみに、車両48の存在を示す出力波形が現れる。従って、ある1個のループコイル60のみに出力変化が生じている場合、このループコイル60上をバイクが通過したことが検出され、通過位置のみならず車種も知ることができる。

【0062】また、複数台の車両48が横並びで走行している場合であっても、これらの車両の間隔がある程度存在している場合には、車両間に位置するループコイル60に出力変化が生じないから、これらの車両を区別することができる。

【0063】さらに、複数台(例えば3台)のバイクが同一車線上を走行している場合には、その車線に設けられている複数個(例えば3個)のループコイル60のいずれにも出力波形が現れることがある。しかし、2種類のしきい値を用いることにより車種識別が可能であるから、複数台のバイクが同一車線上を走行している場合と、例えば1台の乗用車が3個のループコイル60に出力波形を生じさせている場合とを、区別することが可能になる。

【0064】加えて、ナンバー撮影用カメラ52による

撮影の中止タイミングは、画像メモリ・プレート検出ユニット118によるナンバープレート画像の切出完了により与えられている。従って、図14(b)～(d)において $\Delta t$ で示されるループコイル60のオフ時間遅れの影響を受けにくくなる。

【0065】比較のため、ナンバープレートの撮影をループコイル60の出力立ち下がりに応じて1回乃至所定回数行う構成を考える。このような構成においては、車両48の速度をある速度に想定し、想定した速度で走行している車両48のナンバープレートを好適に撮影できるよう、ループコイル60の位置及びナンバー撮影用カメラ52の俯角を設定する必要がある。想定している速度に比べ車両48の速度の方が顕著に高いと、遅れ時間 $\Delta t$ の間における車両48の走行により、好適な撮影タイミングを逸してしまう。また、遅れ時間 $\Delta t$ の値は車種によって異なる。

【0066】本実施例のように、ループコイル60の出力立ち下がりに応じて撮影を開始しナンバープレート切出完了に応じて撮影を終了するようにした場合、このような不具合はなくなる。すなわち、ループコイル60の位置からナンバー撮影用カメラ52の撮影範囲500を離し、遅れ時間 $\Delta t$ の最大値を見込んだ位置に設定するようにすれば、車両48の速度が0～120 km/hの範囲に亘っておりナンバー撮影用カメラ52の撮影範囲500が前後4 mに亘っている場合であっても、ナンバープレートを的確に撮影することができる。

【0067】そして、本実施例では、後述するようにループコイル60による検出の結果を利用して、ナンバー撮影用カメラ52による撮影の開始タイミングを調整している。従って、車速如何にかかわらず好適なタイミングでナンバープレートを撮影できる。

【0068】(5) ラインスキャナを用いた車両検出の原理

ラインスキャナ58を用いた車両検出の原理について説明する。図16には、ライン64上を車両48が通過するに伴うラインスキャナ58出力の変化が示されている。

【0069】先にも述べたように、ライン64はラインスキャナ58によって撮影され、その結果得られる画像信号がデジタルデータに変換された上でラインスキャナデータ読込み部104の画像メモリに書き込まれる。キャリブレーション部108は、このデータに基づきラインスキャナ絞り制御部110を制御し、ライン64を構成する白黒パターンと一致したデータが得られるようにする。このようなキャリブレーションの結果、ライン64上に車両が存在していない場合には、図16(b)に示されるように、このデータが得られるようになる。

【0070】図16(a)に示されるように車両48がライン64上に存在している場合には、車両48の色に応じたデータが得られる。まず、ライン64上をよぎっ

ている車両48の色が白又はこれに近い反射を呈する色であるとする。車両48の色がこのように反射率の高い色である場合、ラインスキャナ58は、この車両48を白パターンと同じデータとして検出する。すなわち、ラインスキャナ58により入力される輝度値が、車両48相当部分については“白”のそれに近くなる。

【0071】逆に、ライン64上をよぎっている車両48の色が黒又はこれに近い反射を呈する色であるとする。車両48の色がこのように反射率の低い色である場合、ラインスキャナ58は、この車両48を黒パターンと同じデータとして検出する。すなわち、ラインスキャナ58により入力される輝度値が、車両48相当部分については“黒”のそれに近くなる。

【0072】従って、白又はこれに近い色の車両48である場合には図16(c)に示されるようなデータが得られ、黒又はこれに近い色の車両48である場合には図16(d)に示されるようなデータが得られる。すなわち、“白い”車両48については、車両48がない場合に“黒”となる部分が“白”となる乱れがデータに生じ、“黒い”車両48については、車両48がない場合に“白”となる部分が“黒”となる乱れがデータに生じる。

【0073】車両検出部106は、得られるデータ中に含まれる乱れを検出し、その結果に基づき車両48の検出、その位置の検出及びその車種の判定を行う。すなわち、データの乱れの存在の検出によって車両48の通過を知ることができ、データ上で乱れが現れた位置から車両48の通過位置を知ることができ、乱れの幅等から車種を識別することができる。さらに、乱れの発生を時間的に追跡することにより、縦列走行している複数の車両48の通過を各車両毎に区別して検出することができる。また、併走している複数の車両48を分離して検出することもできる。ナンバー撮影用カメラ52に対しては、車両検出部106による車両48の通過検出に応じ、シャッタ指令を与えればよい。

【0074】従って、本実施例によれば、ラインスキャナ58を用いて正確な車両検出等を行うことができる。さらに、その際、ライン64として白黒パターンを使用すると共にデータの帰還によって絞りの制御(キャリブレーション)を行っているため、中間色の車両48を好適に検出でき、また日照等の環境変化に対しても強くなる。

【0075】この点をより明らかにするため、比較対象としてライン64が白一色である構成を考える。このような構成においては、ライン64上を車両48が通過したことが、ラインスキャナ58によって得られる信号の輝度の部分的低下によって検出される。しかし、輝度の低下は車両48本体のみによって生じるのではなく、その陰影によっても生じる。さらに、陰影の現れ方は、太陽の位置、緯度、季節等によって変化する。さらには、

車両 48 の色によって、輝度の低下量が変わる。従って、キャリブレーションを行ったとしても、車両 48 の通過を正確に検出するのは困難である。また、画像信号の二値化に用いるしきい値の設定が難しい。これは、ライン 64 が黒一色である構成でも同様である。

【0076】さらに、もう一つの比較対象としてライン 64 を設けない構成を考える。このような構成においては、路面の反射率が不安定であるため、キャリブレーションを行ったとしても、車両 48 の通過を正確に検出するのは困難である。

【0077】本実施例のように、反射率の高い“白”と反射率の低い“黒”とを交互にパターンとして形成すると、上述のような不具合が生じない。例えば、“黒”の塗料の反射率は“白”の塗料の  $10^{-3}$  程度であり、この関係は日照等によって左右されるものではない。従って、適宜キャリブレーションを加えることで、環境条件の変化によらず、車両 48 の正確な検出が可能になる。すなわち、本実施例のシステムが屋外という厳しい環境条件下で使用されるにもかかわらず、常に正確に車両 48 の通過等を検出できる。また、車両 48 の色が中間色であったとしても、白又は黒のいずれかの乱れとして検出できる。

【0078】また、本実施例におけるラインスキャナ 58 は図 6 及び図 7 に示されるように車線  $n$  本当たり  $n+1$  個設けられている。また、ラインスキャナ 58 は広角レンズを有しており、隣接するラインスキャナ 58 の視野は互いに重複している。従って、車高の高い車両（例えば 2 階建てバス）の間を車高の低い車両（例えばバイク）が走行している場合においても、これらの車両同士を区別して検出することができる。すなわち、死角が無くなる。さらに、広角レンズを使用しているため、ラインスキャナ 58 の個数は最小限で足りる。

【0079】（6）ループコイルを用いた車両検出の詳細

図 17～図 29 にはループコイル 60 を用いた車両検出処理、特に斜線横断方向における車両中心位置の判定処理の手順が、図 30～図 37 にはその流れがそれぞれ示されている。これらの図に示される処理は、併走している複数台の車両 48 を好適に分離し、また狭い車間間隔で縦列走行している複数台の車両 48 を好適に分離する機能を実現し、また道路の幅方向の通過位置を好適に検出する機能を実現している。また、ループコイル 60 によって検出される車両通過時点からナンバー撮影用カメラ 52 による撮影開始までの時間を、車両撮影部 114 において車両 48 の速度により調整できるため、幅広い速度への対応が実現される。さらに、ループコイル 60 の低感度・高感度両出力を利用し、また 2 次曲線近似を実行しているため、車種の判定や車両中心位置の判定を正確に実行できる。

【0080】この実施例における車両中心位置判定処理

は、各ループコイル 60 上に車両 48 が進入した場合に、この車両 48 がどのような車種なのか、またその車両中心位置（斜線横断方向の中心位置）がどこにあるのかを判定する手順であり、大まかには次の 3 個の手順により実現されている。なお、以下の説明では、 $i$  番目のループコイル 60 を  $L_i$  と表し、その高感度出力のみがオンしている期間を図中薄いハッチングで、その高感度出力及び低感度出力が共にオンしている期間を濃いハッチングで、それぞれ表すこととする。

【0081】第 1 の手順

第 1 の手順は、ループコイル 60 上に進入してきた車両 48 をひとまずオートバイと見なし、その車両中心位置が当該ループコイル 60 上にあると推定する手順である。ループコイル 60 上に車両 48 が進入してきたことは、各ループコイル 60 の高感度出力がオンしたことを以て、知ることができる。すなわち、第 1 の手順においては、ローカル制御装置 66 の全体制御部 72 は、その高感度出力がオンした時点で、進入した車両 48 が実際にはオートバイなのか自動車なのかを問わないで、そのループコイル 60 上にオートバイが進入したとひとまず推定する。なお、以下の説明において「オートバイ」との語は、複数のループコイルに同時に出力を発生させないような車幅の狭い車両、例えば二輪車をさすこととする。また、「自動車」との語は、複数のループコイルに同時に出力を発生させ得るような車幅の広い車両、例えば四輪車をさすこととする。

【0082】例えば、図 17 に示されるように、 $i-1$  番目、 $i$  番目及び  $i+1$  番目のループコイル  $L_{i-1}$ 、 $L_i$  及び  $L_{i+1}$  の高感度出力がほぼ同時に乃至は相前後してオンした場合を考える。この場合、図示される情報のみでは、 $i-1$  番目、 $i$  番目及び  $i+1$  番目のループコイル  $L_{i-1}$ 、 $L_i$  及び  $L_{i+1}$  上にまたがる 1 台の自動車が入ったのか、それとも  $i-1$  番目、 $i$  番目及び  $i+1$  番目のループコイル  $L_{i-1}$ 、 $L_i$  及び  $L_{i+1}$  上にそれぞれ 1 台ずつオートバイが入ったのか、区別することができない。そのため、全体制御部 72 は、取り敢えず、 $i-1$  番目、 $i$  番目及び  $i+1$  番目のループコイル  $L_{i-1}$ 、 $L_i$  及び  $L_{i+1}$  上に、それぞれ 1 台ずつオートバイが入ったと見なす（第 1 の手順）。これに伴い、全体制御部 72 は、これら仮想的なオートバイの車両中心位置が、それぞれ  $i-1$  番目、 $i$  番目及び  $i+1$  番目のループコイル  $L_{i-1}$ 、 $L_i$  及び  $L_{i+1}$  の埋設位置にあると推定する。すなわち、全体制御部 72 は、 $i-1$  番目、 $i$  番目及び  $i+1$  番目のループコイル  $L_{i-1}$ 、 $L_i$  及び  $L_{i+1}$  の高感度出力をオンさせた車両 48 の車両中心位置が、図中それぞれ  $\bigcirc$ 、 $\diamond$  及び  $\blacklozenge$  で示される位置  $C_{in-}$ 、 $C_{in}$  及び  $C_{in+}$  にあると推定する。

【0083】第 2 の手順

第 2 の手順は、第 1 の手順にて取り敢えずオートバイと

推定したことが正しかったかどうか確認し、その結果正しくなかったと認められる場合に自動車と判定する手順である。すなわち、全体制御部72は、例えば図17に示されるような検出データが各ループコイル60から得られている場合に、 $i-1$ 番目、 $i$ 番目及び $i+1$ 番目のループコイル $L_{i-1}$ 、 $L_i$ 及び $L_{i+1}$ 上にまたがる1台の自動車が進入したのか、それとも $i-1$ 番目、 $i$ 番目及び $i+1$ 番目のループコイル $L_{i-1}$ 、 $L_i$ 及び $L_{i+1}$ 上にそれぞれ1台ずつオートバイが進入したのか、区別する判定処理を実行する。この判定に当たっては、各ループコイル60の低感度出力を利用する。

【0084】ループコイル60の低感度出力は、当該ループコイル60の上を通過している車両の磁性体質量が十分大きい場合にのみオンし、小さい場合にはオフした状態を保つ。従って、一般には、ループコイル60上を通過している車両が自動車であればそのループコイル60の低感度出力はオンし、オートバイであればオンしない。そこで、例えば図18に示されるように $i$ 番目のループコイル $L_i$ の低感度出力がオンした場合には、全体制御部72は、 $i$ 番目のループコイル $L_i$ 上を自動車が通過したと判定する。逆に、図19に示されるように $i$ 番目のループコイル $L_i$ の低感度出力がオンしないまま高感度出力がオフするに至った場合には、全体制御部72は、 $i$ 番目のループコイル $L_i$ 上をオートバイが通過したと判定する。

#### 【0085】第3の手順

上述のような第1及び第2の手順が実行された時点では、①その高感度出力がオンした各ループコイル60の位置が、当該ループコイル上に進入した車両48の車両中心位置であると推定されており、②その高感度出力及び低感度出力が共にオンした各ループコイル60上には、自動車が進入したものと判定されており、③その高感度出力はオンしたけれども低感度出力はオンしなかったループコイル60上には、オートバイが進入したものと判定されている。しかし、これだけでは、車種の判定及び車両中心位置の判定としては不十分である。

【0086】第1に、その高感度出力はオンしたけれども低感度出力はオンしなかったループコイル60のうち、その高感度出力及び低感度出力が共にオンしたループコイル60に隣接乃至近接しているものを考える。この種のループコイル60のなかには、その高感度出力及び低感度出力が共にオンしたループコイル60上に進入した自動車と同一の自動車の進入を捕らえたループコイル60も含まれているであろうし、逆に、当該自動車とは全く別の車両48を捕らえたループコイル60も含まれているかもしれない。従って、この種のループコイルに関し、第1の手順における推定結果、すなわち“このループコイル60上にはオートバイが進入した”との推定結果を維持するのでは、不正確さが残る。

【0087】第2に、その高感度出力及び低感度出力が

共にオンしたループコイル60にて捕らえた車両48は、第2の手順にて判定されたように、自動車である

(又は少なくともその蓋然性が高い)のであるから、隣接乃至近接する他のループコイル60の高感度出力が(場合によっては低感度出力も)その車両48の進入に起因してオンしていると考えるべきである。従って、その高感度出力及び低感度出力が共にオンしたループコイル60にて捕らえた車両48の車両中心位置は、そのループコイル60の埋設位置のみならず、隣接乃至近接する他のループコイル60のうちその高感度出力や低感度出力がオンしたループコイル60の埋設位置をも考慮して、決定すべきである。言い換えれば、その高感度出力及び低感度出力が共にオンしたループコイル60にて捕らえた車両48の車両中心位置を、第1の手順にて推定した位置とするのみでは、不正確さが残る。

【0088】そこで、全体制御部72は、第1及び第2の手順の結果を用いつつ、また必要に応じ2次曲線近似等を用いつつ、真の車両中心位置を求めるべく、次のような内容の第3の手順を実行する。

【0089】a) 第2の手順にてオートバイと判定された場合

まず、その高感度出力がオンしてからオフするまでに、低感度出力が結局オンしなかったループコイル60を考える。この種のループコイル60に関しては、他のループコイル60によって捕らえられた自動車を捕らえたものとも考えられるし、また、他のループコイル60によって捕らえられていない車両48(例えばオートバイ)を捕らえたものとも考えられる。本実施例では、そのいずれであるのかを、距離判定により峻別している。

【0090】ここで、図20又は図21に示されるように、その高感度出力がオンしてからオフするまでに、 $i$ 番目のループコイル $L_i$ の低感度出力が結局オンしなかったとする。言い換えれば、その高感度出力がオフするまでに、ループコイル $L_i$ 上の車両48が自動車であるとの判定結果が得られなかったとする。この場合、ループコイル $L_i$ の高感度出力がオフした時点で、全体制御部72は、ループコイル $L_i$ と、第2の手順にてその上を自動車が通過したと判定されたループコイル60のうちループコイル $L_i$ に最も近い他のループコイル60と、の距離を、所定の基準距離 $C_{side}$ と比較する。この距離が基準距離 $C_{side}$ 以下であれば、両ループコイルは同一の車両48(この場合同一の自動車)を捕らえたものと見なすことができる。逆に、この距離が基準距離 $C_{side}$ を越えていれば、両ループコイルは互いに異なる車両48を捕らえたものと見なすことができる。

【0091】例えば、基準距離 $C_{side}$ がループコイル埋設間隔の1.5倍に設定されているものとする。図20に示されるように、第2の手順にてその上を自動車が通過したと判定されたループコイル60のうちループ

コイル $L_i$ に最も近い他のループコイル60が、ループコイル $L_i$ との距離がループコイル埋設間隔の2倍となるループコイル $L_{i-2}$ であるとする。この場合、“ループコイル $L_i$ はループコイル $L_{i-2}$ から大きく離れているから、ループコイル $L_i$ 上を通過した車両48とループコイル $L_{i-2}$ 上を通過した車両48とは、同一の車両48ではない”と考えるのが妥当である。全体制御部72は、この事実を、ループコイル $L_i$ とループコイル $L_{i-2}$ の距離と基準距離 $C_{side}$ との比較により検出する。全体制御部72は、この検出に応じ、“ループコイル $L_i$ 上を通過した車両48とループコイル $L_{i-2}$ 上を通過した車両48は別々の車両48である” “ループコイル $L_i$ 上を通過した車両48の車両中心位置は図中◇及び $C_{in}$ で示されるようにループコイル $L_i$ 60上にある”と判定する。ループコイル $L_i$ 上を通過した車両48に関しては、第2の手順にて“オートバイである”と判定されているから、これにより、ループコイル $L_i$ 上を通過した車両48の車種及び車両中心位置が、確定する。

【0092】また、図21に示されるように、第2の手順にてその上を自動車が通過したと判定されたループコイル60のうちループコイル $L_i$ に最も近い他のループコイル60が、ループコイル $L_i$ との距離がループコイル埋設間隔と等しいループコイル $L_{i-1}$ であるとする。この場合、“ループコイル $L_i$ はループコイル $L_{i-1}$ に十分近いから、ループコイル $L_i$ 上を通過した車両48とループコイル $L_{i-1}$ 上を通過した車両48とは、同一の車両48である”と考えるのが妥当である。全体制御部72は、この事実を、ループコイル $L_i$ とループコイル $L_{i-2}$ の距離と基準距離 $C_{side}$ との比較により検出する。全体制御部72は、この検出に応じ、“ループコイル $L_i$ 上を通過した車両48とループコイル $L_{i-1}$ 上を通過した車両48は同一の車両48である” “ループコイル $L_i$ 上を通過した車両48の車両中心位置は図中◇及び $C_{in}$ で示される位置ではなく、図中◆及び $C_{in-}$ で示されるようにループコイル $L_{i-1}$ 上にあると考えるほうが妥当である”と判定する。この判定結果により、ループコイル $L_i$ 上を通過した車両48に関して第1の手順における車両中心位置推定結果及び第2の手順における車種判定結果は、取り消される。

【0093】なお、図20の例においてループコイル $L_{i-2}$ 上を通過した車両48や、図21の例においてループコイル $L_{i-1}$ 上を通過した車両48に関しては、第2の手順によって得られた“その車種は自動車である”との判定結果は確定している。しかし、当該ループコイル $L_{i-2}$ 又は $L_{i-1}$ に隣接乃至近接しているループコイル60の出力がどのような形で現れているのかという事情や、当該車両48が同時に複数のループコイル60の低感度出力をオンさせている可能性を考慮しな

ければならないため、依然、その車両中心位置は確定しない。これを確定する処理に関しては、後の説明により明らかになる。

【0094】b) 第2の手順にて自動車と判定された場合

高感度出力がオンしてからオフするまでに低感度出力がオンしたループコイル60に関しては、第2の手順により、“その上を通過した車両48の車種は自動車である”と判定される。また、この種のループコイル60からの距離が基準距離 $C_{side}$ 以下でありかつその高感度出力がオンした他のループコイル60に関しては、第3の手順のうちa)の手順により、第1の手順における車両中心位置推定結果及び第2の手順における車種判定結果が取り消される。従って、高感度出力がオンしてからオフするまでに低感度出力がオンしたループコイル60に関しては、このループコイル60からの距離が基準距離 $C_{side}$ 以下でありかつその高感度出力がオンした他のループコイル60の埋設位置を考慮にいれて、その上を通過した車両48の車両中心位置を確定する必要がある。

【0095】そのため、全体制御部72は、低感度出力がオフした時点で、第1の手順にて推定された車両中心位置を補正する。その方法としては、2次曲線近似を使用する。これにより、全体制御部72は、高感度出力がオンしてからオフするまでに低感度出力がオンしたループコイル60上を通過している自動車の車両中心位置を、より正確に求めることができる。但し、このような手法により車両中心位置を確定するに当たっては、各ループコイル60の高感度出力がどのような順序でオンしたかを考慮しなければならない。

【0096】b1) ループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の高感度出力に先立ってオンしている場合

一般に、車両48の中心には多くの磁性体質量が分布しているから、その埋設位置が車両中心位置に近いループコイル60の方が、その埋設位置が車両中心位置から遠いループコイル60より早く、高感度出力がオンする。従って、その上を通過した車両48の車種が第2の手順にて自動車と判定されたループコイル60の高感度出力は、これに隣接乃至近接するループコイル60のうち同一車両48を捕らえたループコイル60の高感度出力よりも早い時点で、オンする。従って、典型的には、図22に示されるような順序で高感度出力がオンすると考えられる。

【0097】この図では、第2の手順にて“その上を通過した車両48の車種は自動車である”と判定されたループコイル $L_i$ の高感度出力は、その両脇に埋設されているループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の高感度出力に先立ってオンしている。この場合、全体制御部72は、これら3個のループコイル $L_{i-1}$ 、 $L_i$ 及び $L_{i+1}$

の出力がオンした時刻を、2次曲線に当てはめる（2次曲線近似）。その結果得られる2次曲線は、これら3個のループコイル $L_{i-1}$ 、 $L_i$ 及び $L_{i+1}$ 上を通過している車両48における磁性体質量の分布を表している。従って、この2次曲線のピーク（当該2次曲線の接線方向が斜線横断方向に一致する点。図中◇）は、一般に磁性体質量が最も多く分布している位置、すなわち車両中心位置であると見なすことができる。そこで、全体制御部72は、2次曲線近似の結果に応じ第1の手順にて推定された車両中心位置 $C_{in}$ を補正する。すなわち、得られた2次曲線のピークを最終的なかつより真値に近い車両中心位置 $C_{in}$ として確定する。

【0098】この2次曲線近似は、ループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の高感度出力のうちいずれか又は双方がオンしないまま、ループコイル60 $L_i$ の低感度高感度両出力ともオフした場合には、実行することはできない。これを補うため、全体制御部72は、次のような処理を実行する。

【0099】まず、図23に示されるように、ループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の高感度出力のうちいずれか（図では $L_{i+1}$ ）がオンしないまま、ループコイル $L_i$ の出力が低感度高感度ともオフした場合を考える。この場合、本来であれば2次曲線近似に供すべき3個の時刻のうち、ループコイル $L_{i+1}$ の高感度出力がオンした時刻が得られない。そこで、全体制御部72は、ループコイル $L_i$ の低感度出力がオンした時刻とオフした時刻の中間に位置する時刻（図中△）を、代替として2次曲線近似に供する。すなわち、ループコイル $L_i$ の低感度出力がオンした時刻に $T/2$ を加算した値（ $T$ ：ループコイル $L_i$ の低感度出力がオンしてからオフするまでの時間）が、2次曲線近似に使用される。なお、全体制御部72は、ループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ のうちいずれかが存在しない場合（例えばループコイル $L_i$ が道路端のループコイル60である場合）にも、同様の処理を実行する。

【0100】また、図24に示されるように、ループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の出力が共にオンしないまま、ループコイル $L_i$ の出力が低感度高感度ともオフした場合を考える。この場合、全体制御部72は、2次曲線近似を行わず、第1の手順にて推定した車両中心位置 $C_{in}$ （図24中◇）を、そのまま、車両中心位置 $C_i$ として確定する。

【0101】b2) ループコイル $L_i$ の高感度出力がオンするより早くあるいは同時に、ループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の高感度出力のうちいずれかがオンした場合

上のb1)にて述べたように、一般には、その埋設位置が車両中心位置に近いループコイル60の方が、その埋設位置が車両中心位置から遠いループコイル60より早く、高感度出力がオンする。しかし、車両48の形状や

車幅によっては、その埋設位置が車両中心位置から遠いループコイル60の方が、その埋設位置が車両中心位置に近いループコイル60より早く、あるいは同時に、高感度出力がオンすることがある。このような状況に対処するため、全体制御部72は、次のような処理を実行する。

【0102】まず、図25及び図26に示されるように、ループコイル $L_i$ の高感度出力がオンするのに先立ちループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の高感度出力のうちいずれか（図では $L_{i-1}$ ）がオンした場合を考える。ループコイル $L_i$ の低感度出力がオフした時点でループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオフしていた場合（例えば図25に示されるようにループコイル $L_i$ の低感度出力がオンしてからオフするまでにループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオンしなかった場合や、図示しないがループコイル $L_i$ の低感度出力がオンした後ループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオンしさらにループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオフした後にループコイル $L_i$ の低感度出力がオフした場合）には、車両48の磁性体質量がループコイル $L_i$ 上に最も多く分布していることと見なすことができる。そこで、全体制御部72は、第1の手順にて推定された車両中心位置 $C_{in}$ （図中◇）を、車両中心位置として確定する。

【0103】逆に、ループコイル $L_i$ の低感度出力がオフした時点でループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオンしていた場合（例えば図26に示されるようにループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオンした後ループコイル $L_i$ の低感度出力がオンしさらにループコイル $L_i$ の低感度出力がオフした後にループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオフした場合や、図示しないがループコイル $L_i$ の低感度出力がオンした後ループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオンしさらにループコイル $L_i$ の低感度出力がオフした後にループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオフした場合）には、ループコイル $L_{i-1}$ 上に車両48の磁性体質量が多く分布していることと見なすことができる。この場合には、ループコイル $L_i$ 上に車両中心位置があるとするよりも、ループコイル $L_{i-1}$ 上に車両中心位置があるとするほうが妥当である。そこで、全体制御部72は、第1の手順における推定結果のうちループコイル $L_i$ に係る車両中心位置 $C_{in}$ （図中◇）を取り消し、ループコイル $L_{i-1}$ に係る推定結果を車両中心位置の確定に供する。

【0104】さらに、ループコイル $L_i$ の高感度出力がオンすると同時に、ループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の高感度出力のうちいずれかがオンした場合を考える。例えばループコイル $L_i$ の高感度出力とループコイル $L_{i-1}$ が同時にオンし、かつ、ループコイル $L_i$ の低感度出力がオフした時点でループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオンしていなかった場合（図27に示されるようにループコイル $L_i$ の低感度出力がオンしてから

オフするまでの間ずっとループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオフしていた場合や、図示しないがループコイル $L_i$ の低感度出力がオンした後ループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオフした後ループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオフした上でループコイル $L_i$ の低感度出力がオフした場合)、車両48の磁性体質量がループコイル $L_i$ 上に多く分布していると見なすことができる。そこで、全体制御部72は、第1の手順にて推定された車両中心位置 $C_{in}$ （図中◇）を、車両中心位置として確定する。

【0105】また、ループコイル $L_i$ の高感度出力とループコイル $L_{i-1}$ が同時にオンし、かつ、ループコイル $L_i$ の低感度出力がオフした時点でループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオンしていた場合（図28に示されるようにループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオンした後ループコイル $L_i$ の低感度出力がオンしさらにループコイル $L_i$ の低感度出力がオフした上でループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオフした場合や、図示しないがループコイル $L_i$ の低感度出力がオンした後ループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオンしさらにループコイル $L_i$ の低感度出力がオフした上でループコイル $L_{i-1}$ の低感度出力がオフした場合）、ループコイル $L_{i-1}$ とループコイル $L_i$ の間に、車両48の磁性体質量が多く分布していると見なすことができる。そこで、全体制御部72は、第1の手順における推定結果のうちループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_i$ に係る車両中心位置 $C_{in-1}$ （図中◇）及び $C_{in}$ （図中◆）を取り消し、その中間点 $C_{in}$ （図中△）を車両中心位置として確定する。

【0106】c) 複数台の車両48が同一ループコイル60上を連続して通過した場合

上述の手順は、車両48が十分な車間距離をおいて走行している場合には有効である。しかし、実際には、ループコイル60が追従するのに十分な車間距離をおいて走行していない場合もある。このような場合に上述の手順を単純適用すると、複数台の車両48を単一の車両48と誤認する結果となる。例えば、十分な車間距離をおいていない複数台の車両48がループコイル $L_i$ 上を連続して通過した場合、ループコイル60が車両48の入れ替わりに追従できなかったことが原因で、図29に示されるように、先に通過した車両48によりループコイル $L_i$ の高感度出力及び低感度出力がオンした後当該高感度出力がオフしないまま後の車両48により低感度出力がオンすることがある。この場合に、高感度出力のオン／オフタイミングと低感度出力のオン／オフタイミングの前後関係のみでは、複数台の車両48を分離することができない。そのような事態に対応するため、全体制御部72は、次のような処理を実行する。

【0107】全体制御部72は、高感度出力及び低感度出力がオンした後低感度出力はオフしたものの当該高感度出力がオフしないまま低感度出力がオンした場合、低

感度出力がオフしてから高感度出力がオフしないまま低感度出力がオンするまでの時間 $T$ を、最初に高感度出力がオンしてから低感度出力がオンするまでに要した時間 $T'$ と比較する。

【0108】その結果、 $T \geq W_t \cdot T'$ であった場合、全体制御部72は、2台の車両48が連続して通過し、かつループコイル $L_i$ の出力が追従できないほどにその車間距離が短かった、と見なす。全体制御部72は、この場合、低感度出力がオフしたのち $T/2$ が経過した時点で先の車両48がループコイル $L_i$ 上を通過した同時点で後続の車両48がループコイル $L_i$ 上に進入したと見なす。各車両48の車両中心位置は、先に述べた原理で確定する。逆に、 $T < W_t \cdot T'$ であった場合、全体制御部72は、1台の車両48によって低感度出力が断続的にオンした、と見なす。これは、例えばトラック等の大型車両の場合、前輪の車軸近傍と後輪の車軸近傍の2回に亘って低感度出力がオンし、その間ではオフすることがあることに、鑑みたものである。

【0109】なお、3台以上の車両48が連続して通過した場合には、2台目以降の車両に係る $T'$ としては、 $T/2$ を使用する。 $W_t$ は、例えば2程度の値とする。

【0110】処理の流れ

上述した第1～第3の手順は、具体的には次のような処理フローにて実現することができる。

【0111】図30には、全体制御部72の処理フローのうち上述した第1～第3の手順に関連するフローの全体が示されている。この図に示されるように、全体制御部72は、電源立上げ等に応じてまず所定のデータ初期化処理を実行した上で（2000）、各ループコイル60から、その高感度出力や低感度出力の形で、検出データを取得する（2002）。全体制御部72は、取得した検出データに基づき上述の第1～第3の手順による車両中心位置判定を実行し、その結果に基づき、どのナンバー撮影用カメラ52を使用してどの様に撮影を行うかに関する指示（撮像指示）の内容を設定する（2004）。全体制御部72は、設定した撮像指示を車両撮影部114に与え、これに応じ車両撮影部114の制御の下にナンバー撮影用カメラ52によるナンバープレート等の撮影が実行される（2006）。

【0112】上述の第1～第3の手順による車両中心位置判定は、ステップ2002にて取得した検出データに何等変化が現れていない場合には実行する必要がない。すなわち、上述の第1～第3の手順は、いずれも、ループコイル60の高感度又は低感度出力がオンしたこと（立上がり）やオフしたこと（立下がり）を利用した手順であるから、全体制御部72は、ステップ2002にて取得した検出データに何等変化が現れていない場合には何等撮像指示設定を行わないままステップ2004を終了する（2008）。

【0113】これに対し、ステップ2002にて取得し



た検出データに何等かの変化が現れている場合には、全体制御部 7 2 は、各ループコイル 6 0 毎に、その高感度及び低感度出力のオン／オフを利用した処理を実行する（2010）。図 30 においては、ループコイル 6 0 の高感度出力がオフしたことをトリガとして実行される処理が高感度立下がり処理と表されており（2012）、低感度出力がオフしたことをトリガとして実行される処理が低感度立下がり処理と表されており（2014）、高感度出力がオンしたことをトリガとして実行される処理が高感度立上がり処理と表されており（2016）、低感度出力がオンしたことをトリガとして実行される処理が低感度立上がり処理と表されている（2018）。

【0114】これら、高感度立下がり処理、低感度立下がり処理、高感度立上がり処理及び低感度立上がり処理の内容は、次に説明する図 31～図 34 に示されている。以下、理解の容易化のため、ループコイル 6 0 の出力の変化に則して、図 31～図 34 に示される各フローを説明する。

【0115】a) 高感度出力がオンした後低感度出力がオンしないまま高感度出力がオフしたループコイル  $L_i$ ：まず、ある時点で、 $i$  番目のループコイル  $L_i$  の高感度出力がオンしたとする。すると、図 33 に示される高感度立上がり処理が実行される（2016、2020）。図 33 において、全体制御部 7 2 は、まず、ループコイル  $L_i$  の高感度出力がオンした時刻を記憶する（2022）。その上で、全体制御部 7 2 は、ループコイル  $L_i$  上に進入した車両 4 8 の車種に関しひとまず“判定待ち”と判定すると共に（2024）、ループコイル  $L_i$  の埋設位置を車両中心位置と推定し記憶する（2026）。

【0116】その後、その低感度出力がオンしないままループコイル  $L_i$  の高感度出力がオフしたとする。すると、図 31 に示される高感度立下がり処理が実行される（2012、2028）。図 31 において、全体制御部 7 2 は、まず、ループコイル  $L_i$  の高感度出力がオフした時刻を記憶する（2030）。その上で、全体制御部 7 2 は、車種に関し“判定待ち”か否かを判断する（2032）。ここでは“判定待ち”であるため、全体制御部 7 2 の動作はステップ 2032 からステップ 2034 へ移行する。ステップ 2034 では、車種がオートバイであると判定される。このようにして第 1 の手順が実現される。

【0117】ステップ 2034 実行後は、図 35 に示されるフローが実行される（2036）。図 35 に示されるフローでは、まず、ループコイル  $L_i$  上に進入した車両 4 8 が自動車であると判定済みであるのか否かが、判定される（2038）。ここでは、直前のステップ 2034 にて“オートバイ”と判定されているので、全体制御部 7 2 の動作はステップ 2038 からステップ 2040 へ移行する。ステップ 2040 においては、ループコ

イル  $L_i$  と、当該ループコイル  $L_i$  に最も近い自動車中心との距離が算出される。ここにいる自動車中心とは、これまでに車両中心位置を記憶した車両 4 8 のうちその車種が自動車であると判定された車両 4 8 の車両中心位置を、さしている。全体制御部 7 2 は、算出した距離が基準距離  $C_{side}$  以下である場合には（2042）、“上述した自動車中心をその車両中心位置とする車両 4 8 が、ループコイル  $L_i$  上を通過した車両 4 8 と同一の車両である”と見なす。すなわち、ステップ 2026 にてループコイル  $L_i$  に関し記憶した車両中心位置や、ステップ 2034 において得られた車種判定結果を、記憶データから削除する（2044）。算出した距離が基準距離  $C_{side}$  を越えている場合には、全体制御部 7 2 は、ステップ 2044 を省略する。このようにして、図 20 及び図 21 に例示した手順が実現される。

【0118】ステップ 2042（及び 2044）実行後は、図 31 に示されるフローに戻り、車両中心位置の確定処理が実行される（2046）。より詳細には、上述した自動車中心（ステップ 2042 にて基準距離  $C_{side}$  以下であるとの判定結果が得られている場合）又はループコイル  $L_i$  に関しステップ 2026 にて記憶した車両中心位置（ステップ 2042 にて基準距離  $C_{side}$  を超えるとの判定結果が得られている場合）が、ループコイル  $L_i$  上に進入した車両 4 8 の車両中心位置として確定される。全体制御部 7 2 は、その後、ステップ 2006 にて車両撮影部 1.14 に与えるべき撮像指示の内容を、確定した車両中心位置に応じて設定する（2048）。すなわち、確定した車両中心位置をその車両中心位置とする車両 4 8 のナンバープレートを撮影できるよう、単数又は複数のナンバー撮影用カメラ 52 を指定し、可能な場合にはその俯角を制御するための指令を生成する。

【0119】b) 高感度出力がオンした後低感度出力が 1 回だけオン／オフし高感度出力がオフしたループコイル  $L_i$ ：

次に、ループコイル  $L_i$  の高感度出力がオンした後低感度出力が 1 回だけオン／オフし高感度出力がオフした場合を考える。この場合、高感度出力がオンした時点で高感度立上がり処理が実行される（2016、2020）。すなわち、車種には“判定待ち”が設定され（2024）、ループコイル  $L_i$  の埋設位置が仮に車両中心位置として記憶される（2026）。その後低感度出力がオンした時点で、低感度立上がり処理が実行される（2018）。

【0120】ループコイル  $L_i$  の低感度出力がオンすると（2018、2050）、原則として、図 34 に示されるように低感度遅れ時間、すなわち高感度出力がオンしてから低感度出力がオンするまでの時間  $T'$  が計算される（2052；図 29 参照）。その後、全体制御部 7 2 は、ループコイル  $L_i$  の低感度出力がオンした時刻を

記憶した上で(2054)、ループコイル $L_i$ 上に進入した車両48が自動車であると判定し(2056)、原則として図30のフローに戻る。これにより、図18等に例示した第2の手順が実現される。

【0121】その後ループコイル $L_i$ の低感度出力がオフすると(2014、2058)、図32に示されるようにその時刻が記憶され(2060)、その上で車種に関しすでに自動車と判定済みか否かが判定される(2062)。先に実行したステップ2056において自動車と判定済みであるので、全体制御部72の動作はステップ2064へと移行する。ステップ2064では、今回の低感度立下がりが高感度立上がり後初めての立下がりであるか否かが判定される。ここでは、高感度出力がオンした後低感度出力が1回だけオン/オフする例を考えているので、ステップ2064では、今回の低感度立下がりが高感度立上がり後初めての立下がりであると判定される。このような判定結果となった場合、ステップ2066が実行される結果、全体制御部72の動作は図35に示されるフローに移行する。

【0122】先に実行したステップ2056において自動車と判定済みであるので、全体制御部72の動作は図35に示されるステップ2038からステップ2068及び2070へと移行する。ステップ2068ではループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i-1}$ のそれより早くオンしたか否かが判定され、ステップ2070ではループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i+1}$ のそれより早くオンしたか否かが判定される。

【0123】b1) ループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ のそれより早くオンした場合

ループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ のそれより早くオンしたと判定された場合には、図22～図24に示される状況のうちいずれかにあると考えられる。そのため、全体制御部72は、図37に示される2次曲線近似を実行すると共に(2072)、ステップ2026にて車両中心位置として記憶したデータを削除し(2074)、2次曲線近似にて求めた2次曲線頂点(ピーク)を、ループコイル $L_i$ 上に進入した車両48の車両中心位置として記憶する(2076)。

【0124】図37に示されるフローにおいては、次のようにして2次曲線近似が実現されている。このフローにおいては、ループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の高感度出力がオンしているか否かが判定される(2078、2080)。ループコイル $L_i$ の高感度出力がオンした後にループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の高感度出力がいずれもオンしている場合には(図22参照)、ループコイル $L_i$ の高感度出力がオンしてからループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の高感度出力がオンするまでの時間がそれぞれ計算される(2082、2084)。その結

果得られた2種類の時間は、ループコイル $L_i$ の高感度出力がオンした時刻(=0)と共に、2次式に当てはめられ(2086)、さらにその2次式の頂点が計算される(2088)。

【0125】ループコイル $L_i$ の高感度出力がオンした後にループコイル $L_{i-1}$ 及び $L_{i+1}$ の一方の高感度出力しかオンしておらず他方の高感度出力がずっとオフのままであった場合(当該他方のループコイルが存在していない場合を含む)、ループコイル $L_i$ の低感度出力がオンしてからオフするまでの時間の1/2が演算され(2090、2092)、その結果が2次式への当てはめに供される。これにより、図23や図24に示されている状況への対処が可能になる。

【0126】b2) ループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i-1}$ のそれに遅れて又はそれと同時にオンした場合

ステップ2068にて、ループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i-1}$ のそれに遅れて又はそれと同時にオンしたと判定された場合には、図25～図28に示される状況のうちいずれかにあると考えられる。そのため、全体制御部72は、ステップ2026においてループコイル $L_i$ に関し記憶した車両中心位置が、ループコイル $L_i$ 上に進入した車両48の車両中心位置として扱える性質のものか否かを、評価する(車両中心の可能性検討;2094)。

【0127】ステップ2094に係る処理は、 $x=i-1$ に設定した上で図36に示されるフローを呼び出すことにより実現される。この図のフローでは、まず、ループコイル $L_x$ (ここでは $L_{i-1}$ のこと)が自動車である旨の判定結果がすでに得られているか否かが判定される(2096)。ループコイル $L_x$ が自動車である旨の判定結果が得られていないと判定された場合には、図25又は図27に示される状況であると見なすことができる。そこで、全体制御部72の動作はただちに図35中のステップ2098に移行する。ステップ2098では、ループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i+1}$ の高感度出力より早くオンしたか否かが判定される。オンしていると判定された場合には、全体制御部72は、“ステップ2026においてループコイル $L_i$ に関し記憶した車両中心位置は、ループコイル $L_i$ 上に進入した車両48の車両中心位置として扱えるものである”と見なし、低感度立下がり処理を終了する。これにより、図25や図27に示される状況への対処が可能になる。

【0128】図36中のステップ2096において、ループコイル $L_x$ が自動車である旨の判定結果が得られていると判定された場合には、図26又は図28に示される状況であると見なすことができる。そこで、全体制御部72は、ループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_x$ (すなわち $L_{i-1}$ )の高感度出力と同時にオン

したのか否かを判定する (2100)。

【0129】同時でない、と判定された場合には、ループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_x$ の高感度出力より遅くオンしたと考えられる (図26参照)。そこで、全体制御部72は、“ステップ2026においてループコイル $L_i$ に関し記憶した車両中心位置は、ループコイル $L_i$ 上に進入した車両48の車両中心位置として扱える性質のものではない”と見なし、ステップ2026においてループコイル $L_i$ に関し記憶した車両中心位置を記憶データから削除する (2102)。

【0130】逆に、同時である、と判定された場合には (図28参照)、全体制御部72は、“ステップ2026においてループコイル $L_i$ 及び $L_x$ に関し記憶した車両中心位置は、ループコイル $L_i$ 及び $L_x$ 上に進入した車両48の車両中心位置として扱える性質のものではない”と見なし、ステップ2026においてループコイル $L_i$ 及び $L_x$ に関し記憶した車両中心位置を記憶データから削除する (2104)。ステップ2104実行後、全体制御部72は、ループコイル $L_i$ の埋設位置とループコイル $L_x$ の埋設位置の中央の位置を、ループコイル $L_i$ 及び $L_x$ 上に進入した車両48の車両中心位置として記憶する (2106)。ステップ2102又は2106実行後、全体制御部72の動作はステップ2098へ移行する。

【0131】ステップ2070又は2098において、ループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i+1}$ の高感度出力より遅く又はこれと同時にオンした旨判定された場合、全体制御部72は、 $x=i+1$ と設定した上で図36に示されるフローを呼び出す (2108、2110)。ループコイル $L_{i+1}$ 上に進入した車両48が自動車である旨すでに判定されている場合には、全体制御部72は、“ステップ2026においてループコイル $L_i$ に関し記憶した車両中心位置は、ループコイル $L_i$ 上に進入した車両48の車両中心位置として扱えるものである”と見なし、低感度立下がり処理を終了する (2096)。

ループコイル $L_{i+1}$ 上に進入した車両48が自動車であるとの判定結果がまだ得られていない場合には、全体制御部72は、ループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i+1}$ の高感度出力より遅くオンしたのか、それともループコイル $L_i$ の高感度出力がループコイル $L_{i+1}$ の高感度出力と同時にオンしたのかを判定する (2100)。同時でない、と判定された場合には、全体制御部72は、“ステップ2026においてループコイル $L_i$ に関し記憶した車両中心位置は、ループコイル $L_i$ 上に進入した車両48の車両中心位置として扱える性質のものではない”と見なし、ステップ2026においてループコイル $L_i$ に関し記憶した車両中心位置を記憶データから削除する (2102)。逆に、同時であると判定された場合には、全体制御部72は、“ステップ2026においてループコイル $L_i$ 及び $L_x$

に関し記憶した車両中心位置は、ループコイル $L_i$ 及び $L_x$ 上に進入した車両48の車両中心位置として扱える性質のものではない”と見なし、ステップ2026においてループコイル $L_i$ 及び $L_x$ に関し記憶した車両中心位置を記憶データから削除する (2104)と共に、ループコイル $L_i$ の埋設位置とループコイル $L_x$ の埋設位置の中央の位置を、ループコイル $L_i$ 及び $L_x$ 上に進入した車両48の車両中心位置として記憶する (2106)。ステップ2102又は2106実行後、全体制御部72の動作はステップ2098へ移行する。

【0132】c) 高感度出力がオンした後低感度出力が複数回オン/オフし高感度出力がオフしたループコイル $L_i$

さらに、ループコイル $L_i$ の高感度出力がオンした後低感度出力が複数回オン/オフしその後高感度出力がオフした場合を考える。この場合、高感度出力がオンしてから低感度出力が初めてオンしその後低感度出力が初めてオフするまでの動作は、b)にて述べた動作と同様になる。

【0133】ループコイル $L_i$ の低感度出力が1回オン/オフした後再度オンした時点では (2018、2050)、図34に示されるステップ2052は省略することができる。すなわち、今回の“低感度出力のターンオン”は、“十分な車間距離を空けないでループコイル上に進入してきた複数台の車両48のうち2台目によって生じた”もの又は“単一の車両48でありながらもトラックのように低感度出力オン期間が2個以上に分かれる車両48によって生じた”ものであると考えられるから、いずれにしても、図29に示される低感度遅れ時間 $T'$ を求める必要はない。そのため、図34のフローでは、今回の“低感度出力のターンオン”が、“ループコイル $L_i$ の高感度出力がオンした後当該高感度出力がオフする前に到来した2度目以降の低感度出力のターンオンである”か否かを判定し (2112)、この判定が成立した場合にステップ2052を省略している。

【0134】また、全体制御部72は、ステップ2056実行後、今回の“低感度出力のターンオン”が、“十分な車間距離を空けないでループコイル上に進入してきた複数台の車両48のうち2台目によって生じた”ものなのか、それとも“単一の車両48でありながらもトラックのように低感度出力オン期間が2個以上に分かれる車両48によって生じた”ものなのかを、判定する (2114)。この判定は、具体的には、 $T$ と $W_i \cdot T'$ の比較により実現されている。すなわち、 $T \geq W_i \cdot T'$ が成立していれば、全体制御部72は、今回の“低感度出力のターンオン”が、“十分な車間距離を空けないでループコイル上に進入してきた複数台の車両48のうち2台目によって生じた”ものであると判定し、ステップ2116以降を実行する。逆に、 $T < W_i \cdot T'$ が成立していれば、全体制御部72は、今回の“低感度出力の

ターンオン”が、“単一の車両48でありながらもトラックのように低感度出力オン期間が2個以上に分かれる車両48によって生じた”ものであると判定し、低感度立上がり処理を終了する。

【0135】ステップ2116以降の処理においては、全体制御部72は、低感度出力がオフしたのちT/2が経過した時点で先の車両48がループコイルL<sub>i</sub>上を通過した同時点で後続の車両48がループコイルL<sub>i</sub>上に進入したと見なす（高感度立下がり時刻の推定及び高感度立上がり時刻の設定；2116、2118）。全体制御部72は、さらに、従前の動作により直前の低感度出力オン期間に関し確定済みの車両中心位置を、今回の低感度出力オン期間に関する車両中心位置として確定する（2120、2122）。また、全体制御部72は、車種を自動車と判定する（2124）。このようにして、図29に例示した手順が実現される。なお、3台目以降に関しても、同様である。

【0136】（7）通過車両と通信結果の対応付け処理  
図38には、違反車の特定を確実にを行うべく通過車両と通信結果の対応付けを行う処理、すなわち車両特定処理の流れが示されている。

【0137】この図に示されるように、ローカル制御装置66は、まず、所定の初期化処理を実行する（3000）。初期化処理を実行した後課金用アンテナ50又は課金確認用アンテナ56によりIU62から信号（通信データ）を受信すると（3002）、ローカル制御装置66は、受信した通信データをその全体制御部72内部のデータベースに格納する。ローカル制御装置66は、受信した通信データの個数に応じ、繰り返し妥当度計算を実行する（3004）。ローカル制御装置66は、更に、ループコイル60やナンバー撮影用カメラ52の動作によってナンバープレート画像に関する情報（検知データ）が得られた時点で（3006）、これを全体制御部72内部のデータベースに格納し、得られた検知データの量に応じて繰り返し妥当度計算を実行する（3008）。

【0138】ローカル制御装置66は、所定時間の経過等、車両特定処理を開始するための条件が成立した時点で（3010）、ステップ3004又は3008において所定のアルゴリズムに従い計算された妥当度を指標として用いつつ、車両特定処理（相関マッピング）を開始する。その際、ローカル制御装置66は、車両特定処理に供する検知データを、これまでに取得されデータベース上に格納されている検知データの中から選択し（3012）、選択した検知データを1個ずつ、ステップ3014～3020に係る処理に供する。すなわち、ステップ3014～3020に係る処理は、選択された検知データの個数だけ繰り返し実行される。

【0139】ステップ3014においては、ステップ3004及び3008において計算された妥当度に基づ

き、現在車両特定処理に供されている検知データが妥当すると見られる通信データが選択される。ローカル制御装置66は、このようにして選択した通信データの個数が1個以下である場合（3016）、選択した通信データに係る車両48が、現在車両特定処理に供されている検知データに係る車両48と同一の車両であると断定する（3018）。これに対し、ステップ3014にて複数の通信データが選択された場合には（3016）、ローカル制御装置66はこれらの通信データをグループ化した上で、現在車両特定処理に供されている検知データに対応付ける（グルーピング処理；3020）。

【0140】ローカル制御装置66は、ステップ3012にて選択されたすべての検知データについてステップ3014～3020の処理が実行された後、ステップ3018及び3020による処理の結果を総合することにより、車両特定に供された検知データを可能な限り単一車両に係る通信データに対応付ける（特定結果の確認；3022）。ローカル制御装置66は、このようにして得られる車両特定の結果に基づきシステム制御装置68との通信等の処理を実行する一方で、車両特定処理によって互いに対応付けられた検知データと通信データを全体制御部72内部のデータベースから削除する（3024）。この後、ローカル制御装置66による車両特定処理の流れは、ステップ3002に戻り、通信データや検知データの取得待ち状態となる。

【0141】このような処理を実行することにより、課金用アンテナ50や課金確認用アンテナ56の通信領域を広く設定しているにもかかわらず、併走している複数台の車両48や縦列走行している複数台の車両48を区別し、ナンバープレート画像と的確に対応付けることができる。

#### 【0142】（8）第2実施例

以上の説明では、図1に示されるようなシステム構成を前提としていたが、本発明はこのようなシステム構成に限定すべきものではない。例えば図39に示されるように、ライン64やラインスキャナ58を廃止するとともに、ループコイル60をセカンドガントリー46のやや下流側に設け、ナンバー撮影用カメラ52をファーストガントリー44ではなくセカンドガントリー46上に設けるようにしても構わない。このようにライン64やラインスキャナ58を廃止することにより、ライン64の劣化に伴い必要になるメンテナンス等が不要となり、従ってメンテナンス等の際に道路交通を遮断する必要がなくなる。加えて白黒のパターンを有するライン64は、雨、雪、ごみ等によってラインスキャナ58から光学的に遮蔽されやすいが、本実施例のようにライン64及びラインスキャナ58を廃止すれば、そのような問題も生じない。また、車両48がライン64上に長時間滞留した場合、ループコイル60の出力を用いてラインスキャナ58の絞りを制御するようにしない限り、ラインスキ

ャナ58の絞り制御が不安定乃至不可能になる。この場合、例えば図1において、各ラインスキャナ58の撮像範囲内に対応して、例えば図49に示すように、ラインスキャナ581に対してループコイル601、602、603、ラインスキャナ582に対してループコイル603、604、605という具合にループコイル60と、ラインスキャナ58を対応付けておき、各ラインスキャナ58は対応するループコイル60がONすると、その絞り値をループコイル60のON直前の値に保持し、OFFすると絞り値を最適な値にするよう制御することで解決ができる。しかし、本第2実施例のようにラインスキャナ58を廃止することでラインスキャナ58の絞り制御を行わなくても車両滞留による悪影響を回避できる。

#### 【0143】(9) 第3実施例

図40には、本発明の第3実施例に係るシステムの外観が示されている。この実施例においては、ループコイル60及びライン64がいずれもセカンドガントリー46のやや下流側に設けられており、また、ナンバー撮影用カメラ52がセカンドガントリー46上に設けられている。このような構成によっても、前述の第1実施例と同様の効果を得ることができる。

#### 【0144】(10) 第4実施例

図41には、本発明の第4実施例に係るシステムの外観が示されている。この実施例においては、セカンドガントリー46のやや下流側に、白線（又は白色タイルもしくは反射板）132が道路を横断するよう設けられており、また、セカンドガントリー46上にはこの白線132をそれぞれ車線横断方向所定の幅に亘って撮影し三角測量を実行する距離センサ134が配設されている。

【0145】距離センサ134は、例えば図42に示されるように、発光素子136及び受光素子138から構成されている。発光素子136は例えばLEDによって、受光素子138は例えばPSDによって、それぞれ実現することができる。発光素子136によって発せられた光線は、その下方に設けられているレンズ140によって路面に投光され、路面に設けられている白線132やこの白線132上をよぎっている車両48からの反射光は受光素子138の下方に設けられている142からして当該受光素子138によって受光される。このような構成を有する距離センサ134を用いることにより、図42中矢印で示される高さ範囲に存在する反射物体（路面や比較的車高の低い車両48）に関しては、距離センサ134から当該反射物体までの距離を三角測量の原理に基づき検出することができる。すなわち、白線132上に車両48が存在していないことを検出することができ、また白線132上に存在している車両48のうち比較的車高が低い車両48についてはこの車両48までの距離を検出することができる。さらに、発光素子136から光線を投光しているにもかかわらず受光素子

138によって反射光を受光できていない場合には、図中白い四角で表されているように投光線を反射している物体が高い位置にあると見なすことができる。従って、反射部位が計測範囲外となるような車高の高い車両48についても、その存在に関しては、好適に検出することができる。

【0146】図43(a)には、この実施例における距離センサ134の時分割動作の内容が示されている。この図に示されるように、本実施例においては、距離センサ134の発光素子136を例えば32個一列に並べて、その発光素子136からの投光方向を、白線132に沿い路面を横断するよう走査させている。この走査の間に、発光素子136及び受光素子138は複数回（例えば32回）点灯し、各点灯毎に路面までの距離の計測を実行する。白線132上に車両48が存在していない場合には、この計測によって得られる結果は、図43

(b)に示されるように常に一定の値、すなわち距離センサ134の設置高さを表す値となるから、これを図中破線で示される判定基準に基づきしきい値判別した場合、図43(c)に示されるようにいずれの点灯タイミングにおいても図42中の計測範囲内に車両48が存在していないことを示す結果が得られる。これに対し、図43(a)に示されるように車両48が白線132上に存在している場合には、図43(d)に示されるように、この車両48の車高に応じた距離測定結果が得られる。従って、これを図中破線で示される判定基準によりしきい値判定すれば、図43(e)に示されるように、車両48が存在する車線横断方向位置に相当する点灯タイミングに関し、車両48が存在していることを示す結果が得られる。従って、本実施例によれば、車線横断方向に沿ってどの位置に車両48が存在しているかを、距離センサ134によって得られる三角測量の結果と距離センサ134の車線横断方向走査及び時分割点灯とによって、好適に特定することができる。

【0147】さらに、この実施例における距離センサ134は、図44に示されるように、位置ライン当たり複数個設けられている。このようにすることで、距離センサ134の1個当たりの覆域が小さくなるため、路面付近でも距離センサ134の分解能を確保することができる。従って、バイク、乗用車等、比較的車高の低い車両48同士に関しては、互いに分離して検出することが可能になる。

【0148】また、距離センサ134中の発光素子136及び受光素子138は、発光素子136が直下に投光した光線の反射光を受光素子138が受光する構成（図45参照）としても構わないが、図46に示されるように、発光素子136が車両進行方向に沿いやや上流側に光線を投光しその光線の路面による反射光を受光素子138が受光するよう、所定の俯角 $\alpha$ を以て距離センサ134を設けるようにする方が好ましい。このような俯角

$\alpha$ を付与することにより、図45と図46の比較から明らかなように、車両進行方向に沿った距離センサ134の分解能を向上させることができる。

【0149】加えて、この実施例における白線132は、第1実施例及び第3実施例におけるライン64と異なり、白い塗料、白いタイル又は反射板にて構成されている。このような構成とすることにより、アスファルトやコンクリートで形成されている路面の他の部位に比べ高い反射率を確保することができる。従って、路面が濡れている場合であっても、その影響を受けずに距離検出を行うことが可能になる。前述の第1及び第3実施例におけるラインスキヤナ58及びライン64においても、ラインスキヤナ58側からハイパワーの照射光等でライン64を投光するようにすれば、雨等の影響を受けずに車両の位置検出を行うことが可能であるが、その場合にはハイパワーの照射光等の照射が必要になる。本実施例においては、ハイパワーの照射光を照射するといった動作は不要となる。さらに、車両48のフロント又はリア部にガラス（フロントガラス又はリアガラス）が存在するため、受光素子138の受光レベルが低下する。この場合は距離を正確に測定できる受光レベル以下になったかどうかを判定する。この受光レベルが判定により不足となったときは後述する無限遠と同じ扱いとする。また、雪などで路面全体が高くなった場合は、前述の図43に破線で示されている判定基準を調整することにより対処することができる。

【0150】図47には、この実施例において第1実施例中のライン式車両検出部100に相当する部材や全体制御部72によって実行される車両位置検出の手順が示されている。この図においては、距離センサ134がn個設けられていることが仮定されており、各距離センサ134に関し同一の処理手順4000～4016が実行されている。

【0151】各距離センサ134においては、まず、その発光素子136が点灯される（4000）。これにより白線132に向け投光された光線が、この白線132又はその上を通過している車両48等の物体により反射されると、この反射光は対応する受光素子138により受光される。受光素子138による受光量が所定の下限值に至っていない場合（4002）、図42中白い四角で表されているように距離センサ134の計測範囲外にある物体によって光線が反射されていると見なすことができるため、ローカル制御装置66は反射物体までの距離が“無限遠”と見なす（4004）。すなわち、白線132上を横断している物体が例えば車高の高い車両48であると見なす。

【0152】受光素子138による受光量が、計測範囲内にある反射物体からの反射光であると見なす程度に大きい場合、ローカル制御装置66は、三角測量の原理に基づき、距離センサ134から反射物体までの距離を算

出する（4006）。ローカル制御装置66は、算出した距離を二値化した上で、この距離を図43において破線で示される判定基準と比較する。この比較の結果、算出された距離が判定基準以上であるとされた場合には、少なくともその時の投光方向には車両48が存在していないと見なすことができ（4010）、逆に算出された距離が判定基準より小さい場合にはその投光方向に車両48が存在していると見なすことができる（4012）。

ローカル制御装置66は、ステップ4004、4010又は4012により得られた結果を、全体制御部72内部の車両情報メモリに書き込む（4014）。このような車両検出動作は、各距離センサ134毎に、かつ各距離センサ134が自己の覆域を横断操作するよう32回点灯するまで（4016）繰り返して実行される。

【0153】ローカル制御装置66は、このようにして全体制御部72内部の車両情報メモリに書き込まれた情報を連結し（4018）かつ前処理を施した上で（4020）、その結果に基づき車両48の車線横断方向位置の算出や車両48の幅の算出を実行する（4022）。すなわち、図43等々に示されている原理に基づき、車両48の位置やその幅を知ることができる。

【0154】このように、本実施例によれば、白黒パターンによって構成されるライン64が不要になるため、そのメンテナンス等に伴って必要になる交通遮断が不要となるほか、雨、雪、ごみ等に起因して車両48の車線横断方向位置やその幅の検出が不可能乃至不正確になるといった事態を防止することができる。さらに、車両48が長時間滞留することにより計測不能状態が発生するようなこともない。加えて、距離センサ134を車線横断方向に多数配置するとともに図46に示されるように俯角 $\alpha$ を付与しているため、分解能の高い距離検出が可能になる。さらに、ハイパワーレーザを使用する必要もなく、また車両のガラスによる反射の影響や雪等による路面反射の変化の影響を排除することもできる。

【0155】（11）第5実施例

図48には、本発明の第5実施例に係るシステムの外観が示されている。この実施例においては、距離センサ134の上部を覆うよう、日除け兼雨除けのカバー144が設けられている。このようなカバー144を設けることにより、例えばスコールのように高密度の雨が降る地帯において本発明を実施することが可能になる。また強靱な陽射しのある地域においては距離センサ134及びその近傍の温度上昇を防ぐことも可能になる。

【0156】

【発明の効果】本発明によれば、複数の車線を跨ぐよう第1及び第2ガントリーを設け、第1ガントリー下を通過する車両に対し課金手段との無線交信を行い課金するようにしたため、料金収受のための装置に利用者が通行料金を投入する必要がなくなる。さらに、本発明によれば、第2ガントリー下を通過する車両に対し課金確認手

段との無線交信にて課金確認し、違反車両を撮影するようにしたため、違反車両を遮るための遮断機を設ける必要がなくなる。さらに、通過位置検出手段によって車両の車線横断方向通過位置を検出し撮影すべき違反車両を特定するようにしたため、第1及び第2ガントリー下に複数の車線が存在しており車両がこれらの車線をフリーレーン走行している場合であっても、各車線の車両を分離検出でき、従って正確に違反車両撮影及び対応する処理（例えば違反車両の通報）を行うことが可能になる。この結果、本発明によれば、ゲートを設けることなく複数の車線上をフリーレーン走行している各車両に対して課金、課金確認、違反者検出等の一連の機能を実現でき、インターチェンジではなく本線上で自動課金システムを実施可能になり、自動課金システムの実施が容易かつ安価になる。また、ゲートを廃止すると共に課金及び課金確認を車両との無線交信で行うようにしているため、車両が高速で走行している場合にも対処でき、従って渋滞の発生を防止できる。

【0157】さらに、本発明によれば、1車線当たり複数個のインダクタを道路中に埋設し、車両の通過によるインダクタの出力信号値の変化を車両の通過として検出するようにしたため、車両の通過位置を、いずれのインダクタの出力信号値が変化したかによって正確にかつ必要な分解能で検出できる。また、複数台の車両が横並びで走行している場合であっても、これらの車両の間隔が十分あいていればその車線横断方向通過位置を個別に検出できる。さらに、同時に何個の相隣接するインダクタに出力信号値の変化が生じたかを知ることにより、車種識別等も可能になる。

【0158】本発明によれば、さらに、インダクタの出力信号値を用いた通過検出を2種類の感度で行い、両感度による検出結果を総合するようにしたため、車種の正確な識別が可能になる。

【0159】また、本発明によれば、道路上に形成された濃淡パターンを撮影しその画像中の濃淡パターンの乱れによって車両の通過及びその位置を検出するようにしたため、日照の変化や陰影の発生等の影響を受けずに、安定な検出を実現できる。

【0160】さらに、本発明によれば、車線の境界近傍を撮影可能な位置に濃淡パターン撮影手段を配設するようにしたため、車両通過検出の際の死角を低減でき、例えば2階建てバスの脇を走行するバイクの検出が可能になる。

【0161】また、本発明によれば、第1ガントリー下を通過した車両の速度を検出しその結果に応じて車両の撮影タイミングを調整するようにしたため、車両の撮影を車両の速度に応じた適切なタイミングで実行できる。

【0162】本発明によれば、課金手段による車両との交信の結果と、違反車両撮影手段により撮影された車両とを対応付けるようにしたため、違反車両の特定を正確

化かつ容易化できる。

【0163】そして、本発明によれば、発光体からの光線の反射光を受光体により受光して路面や車両の存在を検出する際、発光体により路面を車線横断方向に沿い走査しかつ光線を所定タイミングで投射するようにしたため、車両の車線横断方向通過位置を検出することができ。その際、路面によごれがあったとしても何等かの反射光を受光できるから、濃淡パターンを用いた車線横断方向通過位置検出に比べ、路面の汚れに強い位置検出を実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例に係るシステム、特にそのファースト及びセカンドガントリー近傍の外観を示す斜視図である。

【図2】 一従来例に係るシステム、特にそのゲート近傍の外観を示す斜視図である。

【図3】 ファースト及びセカンドガントリー上の機器配置を示す側面図である。

【図4】 ループコイルの配置例を示す図である。

【図5】 ループコイルの他の配置例を示す図である。

【図6】 ラインスキャナの配置例を示す図である。

【図7】 ラインスキャナの配置例を示す図である。

【図8】 ローカル制御装置の機能構成を示すブロック図である。

【図9】 インビークルユニット（IU）の機能構成を示すブロック図である。

【図10】 ループ式車両検出ユニットの機能構成を示すブロック図である。

【図11】 ライン式車両検出部の機能構成を示すブロック図である。

【図12】 本実施例における処理の全体の流れを示すフローチャートである。

【図13】 課金処理の流れを示すフローチャートである。

【図14】 ループコイルを用いた車両検出とナンバープレートの撮影タイミングの関係を示す図であり、特に（a）は車両、ループコイル、カメラ撮影範囲及び課金確認用アンテナ通信領域の位置関係を示す平面図、

（b）は車両がバス又は大型貨物車である場合のタイミング図、（c）は車両が乗用車又は小型貨物車である場合のタイミング図、（d）は車両がバイクである場合のタイミング図である。

【図15】 高低両感度の出力を有するループ式車両検出部を用いた車種識別原理を示す図であり、特に（a）はループコイルと車両の位置関係を示す側面図、（b）はループコイルの出力波形を示す図、（c）は高感度出力波形を示す図、（d）は低感度出力波形を示す図である。

【図16】 ライン式車両検出部を用いた車種識別原理を示す図であり、特に（a）はラインと車両の位置関係



を示す正面図、(b)はライン上に車両が存在しない場合にラインスキャナによって得られるデータの内容を示す図、(c)はライン上に白い車両が存在する場合にラインスキャナによって得られるデータの内容を示す図、(d)はライン上に黒い車両が存在する場合にラインスキャナによって得られるデータの内容を示す図である。

【図 17】 車両位置判定処理を構成する第 1 の手順を説明するための概念図である。

【図 18】 車両位置判定処理を構成する第 2 の手順を示す概念図であり、特に自動車との判定結果が得られる例を示す図である。

【図 19】 車両位置判定処理を構成する第 2 の手順を説明するための概念図であり、特にオートバイとの判定結果が得られる例を示す図である。

【図 20】 車両位置判定処理を構成する第 3 の手順を説明する概念図である。

【図 21】 車両位置判定処理を構成する第 3 の手順を説明する概念図である。

【図 22】 車両位置判定処理を構成する第 3 の手順を説明する概念図である。

【図 23】 車両位置判定処理を構成する第 3 の手順を説明する概念図である。

【図 24】 車両位置判定処理を構成する第 3 の手順を説明する概念図である。

【図 25】 車両位置判定処理を構成する第 3 の手順を説明する概念図である。

【図 26】 車両位置判定処理を構成する第 3 の手順を説明する概念図である。

【図 27】 車両位置判定処理を構成する第 3 の手順を説明する概念図である。

【図 28】 車両位置判定処理を構成する第 3 の手順を説明する概念図である。

【図 29】 車両位置判定処理を構成する第 3 の手順を説明する概念図である。

【図 30】 車両中心位置判定処理のうち全体の流れを示すフローチャートである。

【図 31】 車両中心位置判定処理のうち高感度立上がり処理の流れを示すフローチャートである。

【図 32】 車両中心位置判定処理のうち低感度立上がり処理の流れを示すフローチャートである。

【図 33】 車両中心位置判定処理のうち高感度立上がり処理の流れを示すフローチャートである。

【図 34】 車両中心位置判定処理のうち低感度立上がり処理の流れを示すフローチャートである。

【図 35】 車両中心位置判定処理のうち車両中心判定処理の流れを示すフローチャートである。

【図 36】 車両中心位置判定処理のうち車両中心の可能性検討処理の流れを示すフローチャートである。

【図 37】 車両中心位置判定処理のうち 2 次曲線近似処理の流れを示すフローチャートである。

【図 38】 違反車の特定を確実に行うべく通過車両と通信結果の対応付けを行う処理の流れを示すフローチャートである。

【図 39】 本発明の第 2 実施例におけるファースト及びセカンドガントリー近傍の外観を示す斜視図である。

【図 40】 本発明の第 3 実施例におけるファースト及びセカンドガントリー近傍の外観を示す斜視図である。

【図 41】 本発明の第 4 実施例におけるファースト及びセカンドガントリー近傍の外観を示す斜視図である。

【図 42】 この実施例における距離センサの構造及びその計測範囲を示す位置関係図である。

【図 43】 この実施例における車両位置及び車両幅の検出原理を示す図であり、特に (a) は距離センサによる車線横断方向走査並びに時分割点灯動作を、(b) は白線上に車両が存在していない場合の距離検出結果を、(c) はその場合の判定結果を、(d) は白線上に車両が存在している場合の距離検出結果を、(e) はその場合の判定結果を、それぞれ示す図である。

【図 44】 この実施例における距離センサ 134 の車線横断方向配設態様を示す外観図である。

【図 45】 この実施例における距離センサ 134 の車両進行方向配設態様の一例を示す図である。

【図 46】 この実施例における距離センサの車両進行方向配設態様の他の一例を示す図である。

【図 47】 この実施例における車両位置検出及び車両幅検出の手順を示すフローチャートである。

【図 48】 本発明の第 5 実施例におけるファースト及びセカンドガントリー近傍の外観を示す斜視図である。

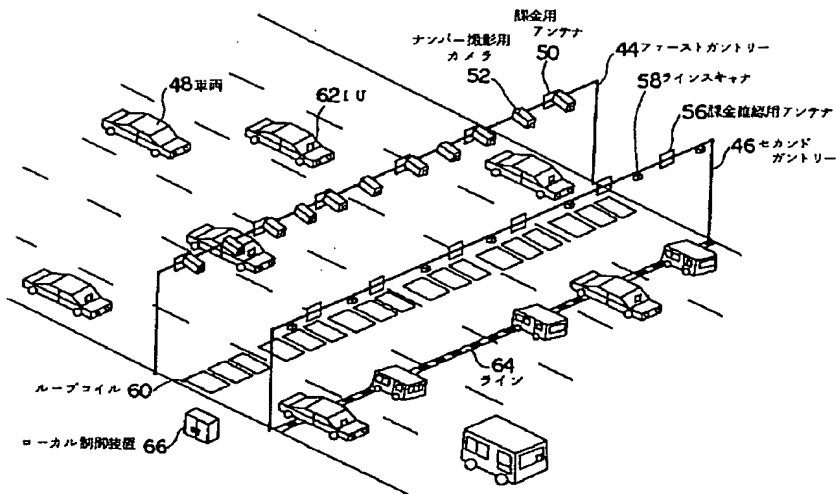
【図 49】 ループコイルを使用した絞リ制御を説明するための配置図である。

#### 【符号の説明】

44 ファーストガントリー、46 セカンドガントリー、48 車両、50 課金用アンテナ、52 ナンバー撮影用カメラ、56 課金確認用アンテナ、58 ラインスキャナ、60 ループコイル、62 インピークルユニット (IU)、64 ライン、66 ローカル制御装置、68 システム制御装置、70、126 アンテナコントローラ (ANTC)、72 全体制御部、84 ループ式車両検出部、86 ループ式車両検出ユニット、94 ディテクタコントローラ (DETC)、96、98 コンパレータ、100 ライン式車両検出部、114 車両撮影部、116 画像圧縮部、132 白線、134 距離センサ、136 発光素子、138 受光素子、144 カバー、500 カメラ撮影範囲、502 課金確認用アンテナ通信領域、504 ラインスキャナ撮影範囲。

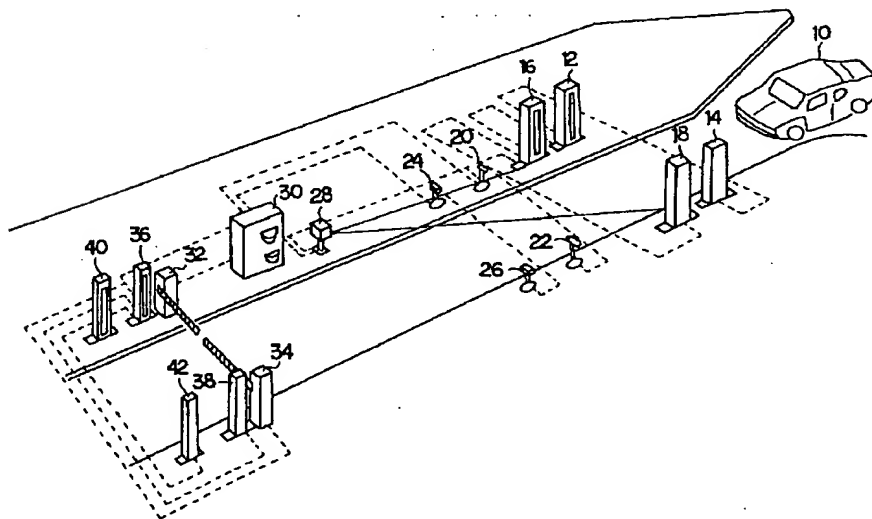
【図1】

システムの外観

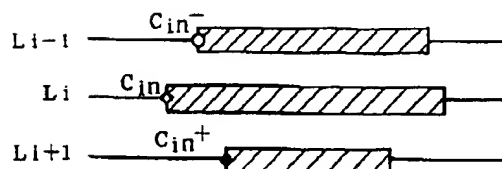


【図2】

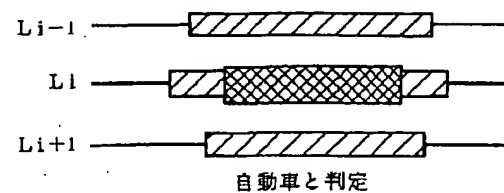
従来例の外観



【図17】

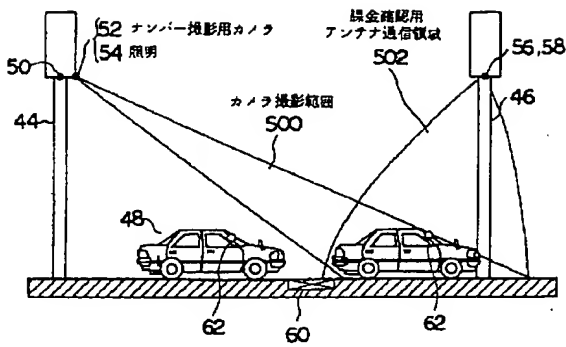


【図18】

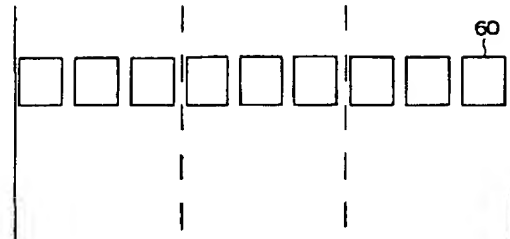


【図3】

機 器 配 置

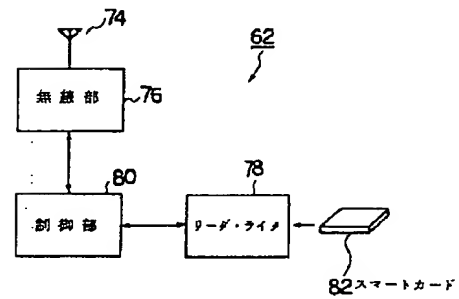


【図4】

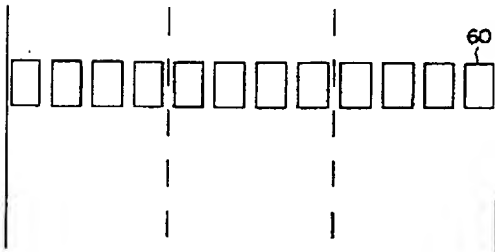
ループコイル配置例  
(1レーン当り3個)

【図9】

インピークユニット (IU) の機能構成

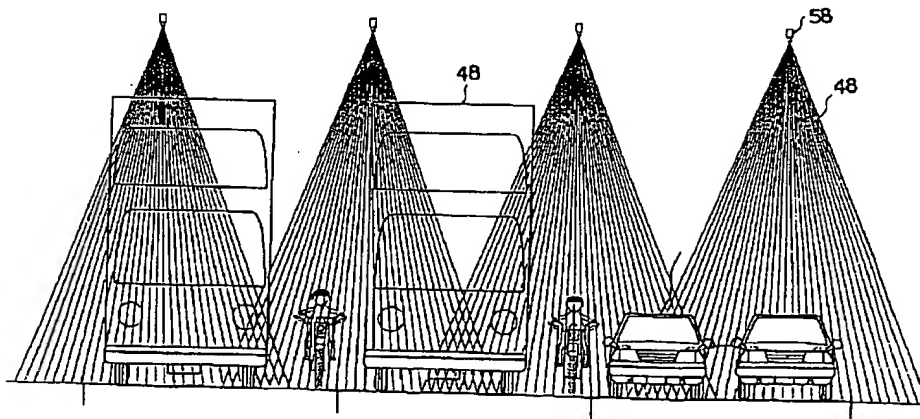


【図5】

ループコイル配置例  
(1レーン当り4個)

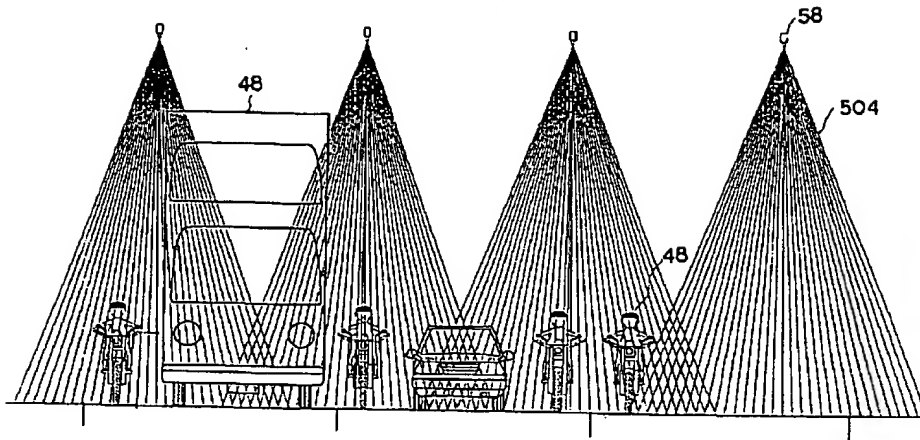
【図6】

ラインスキャナ配置とその利点(1)

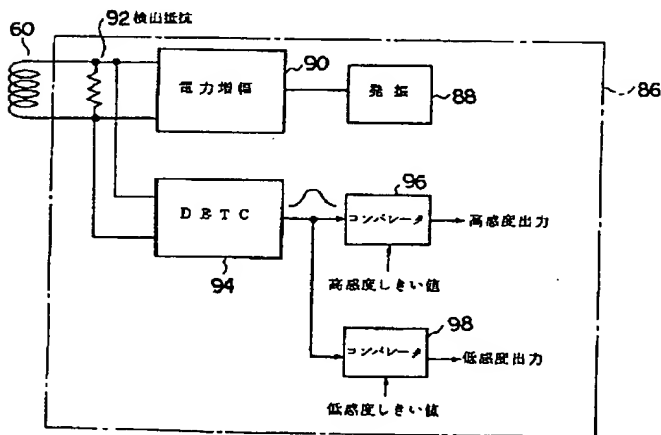


【図7】

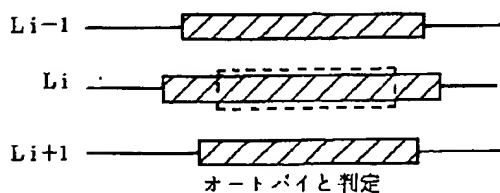
ラインスキャナ配置とその利点(2)



【図10】

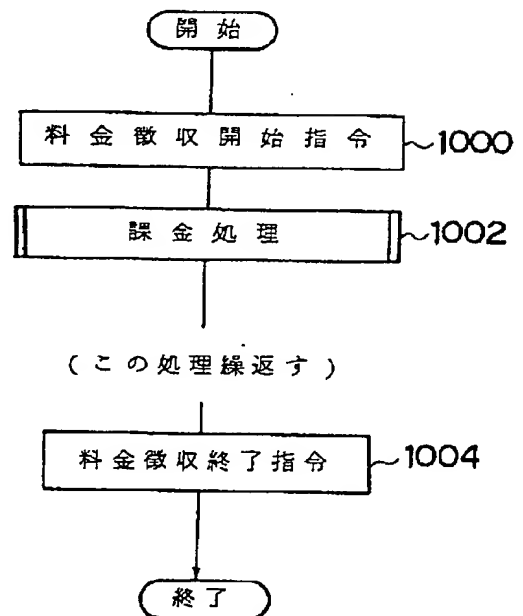
ループ式車両検出ユニットの構成  
(ループコイル1個当たり)

【図19】

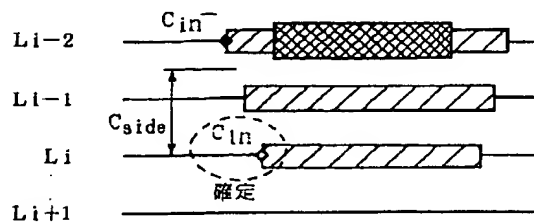


【図12】

処理全体の流れ

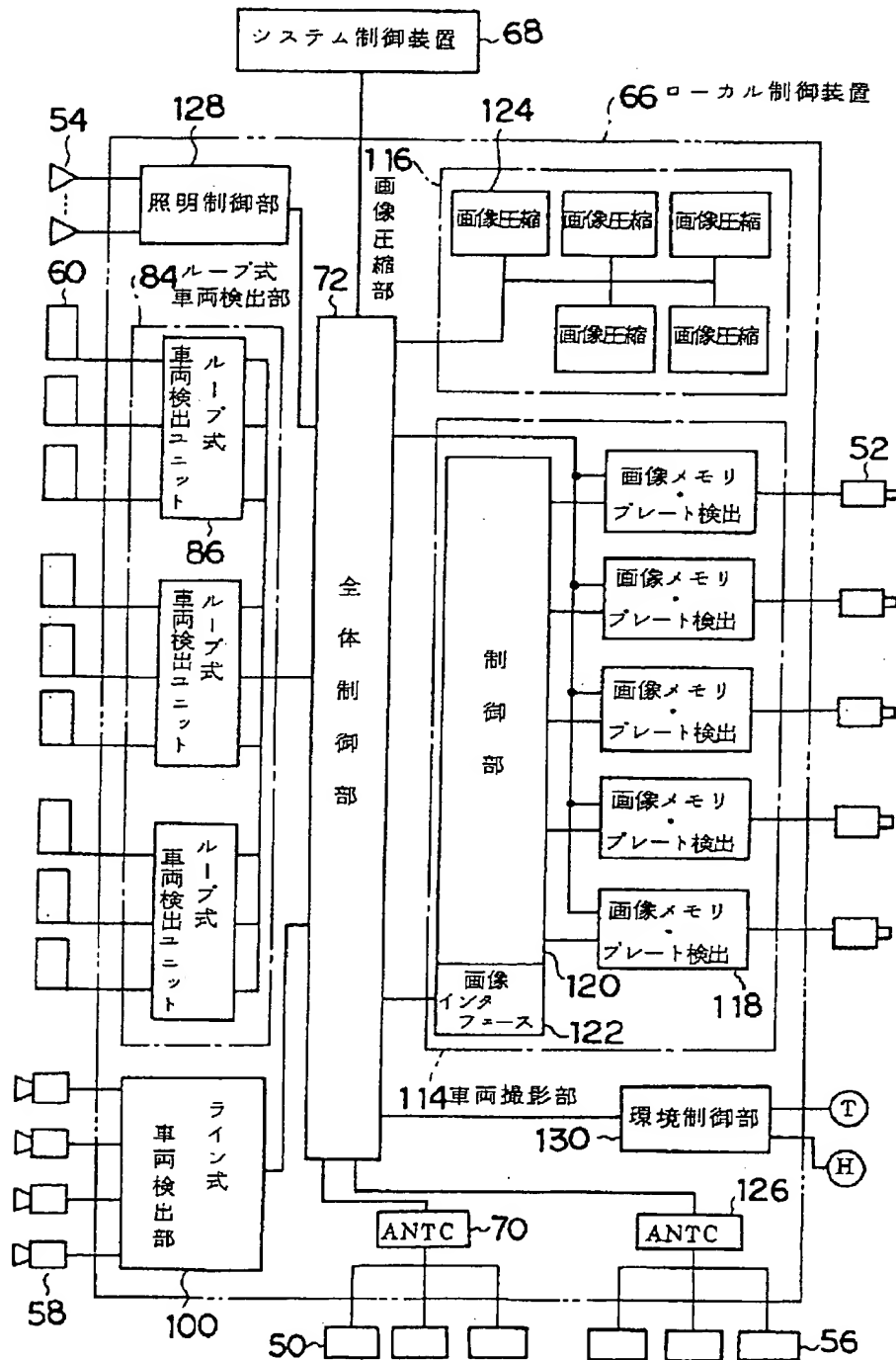


【図20】



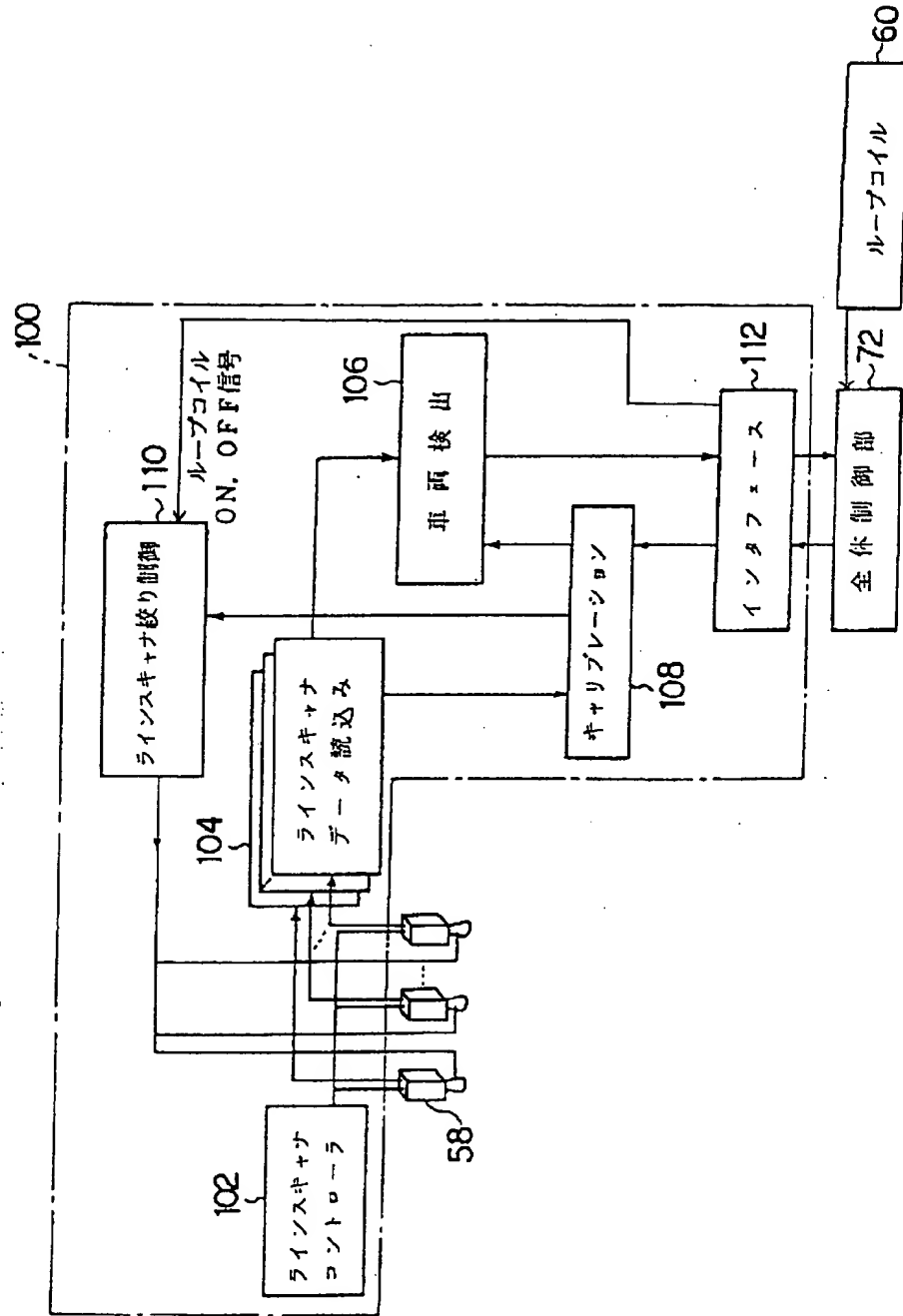
【図8】

ローカル制御装置の機能構成 (3レーン)



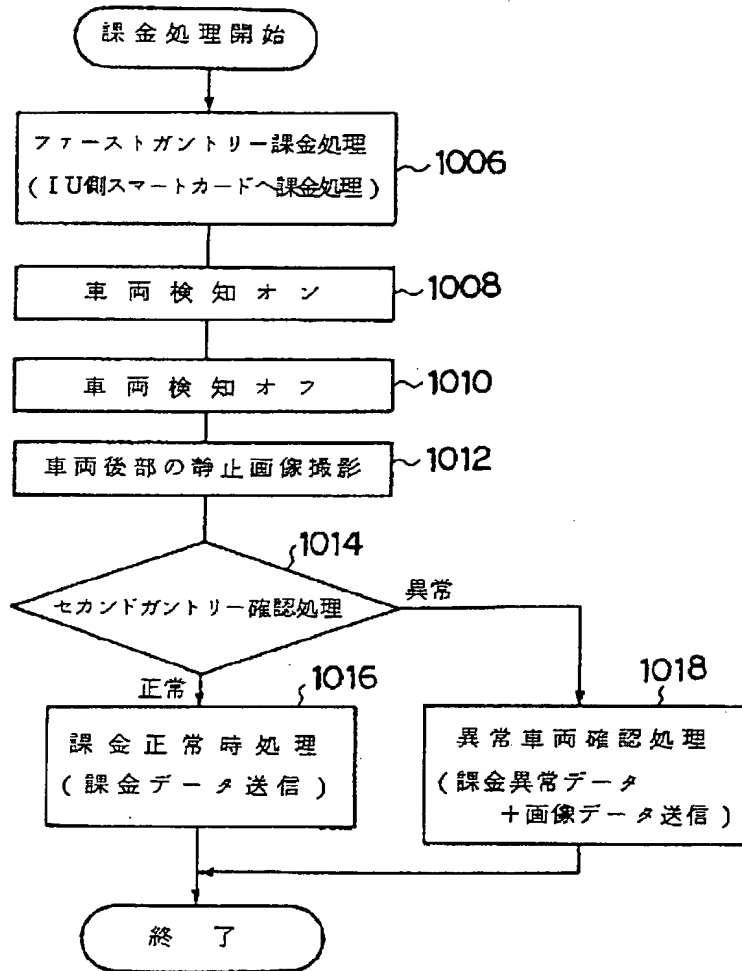
【図11】

ライン式車両検出部の構成

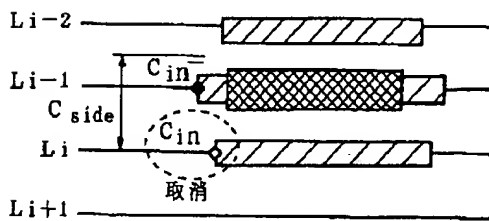


【図13】

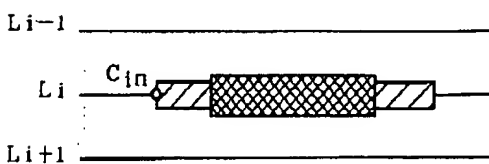
## 課金処理の流れ



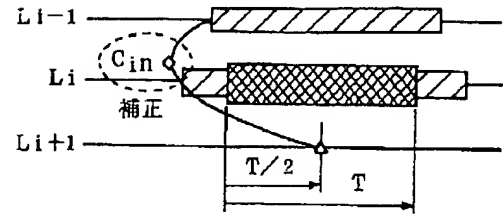
【図21】



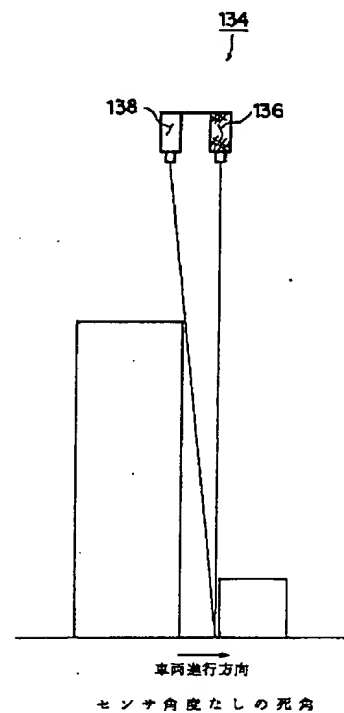
【図24】



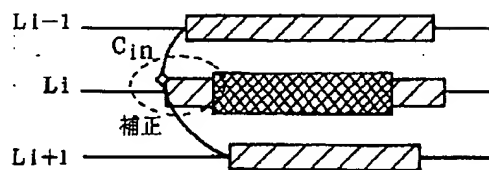
【図23】



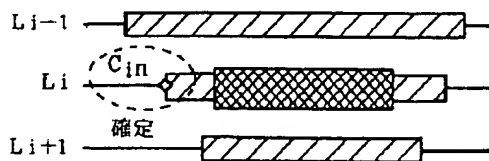
【図45】



【図22】



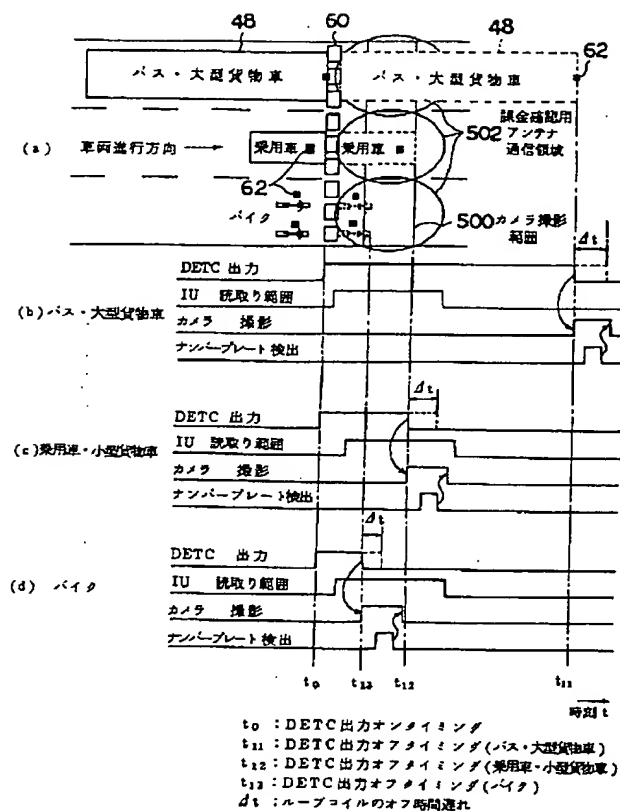
【図25】





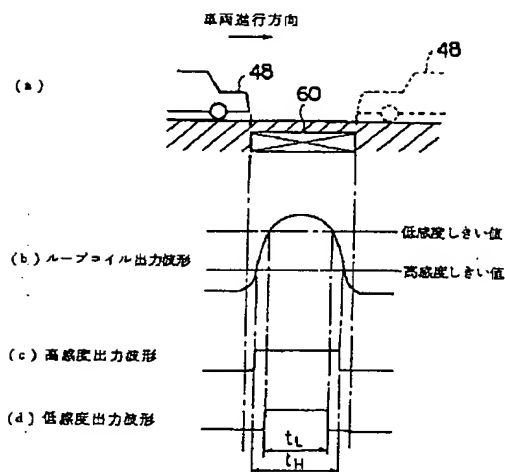
【図14】

## 撮影タイミング

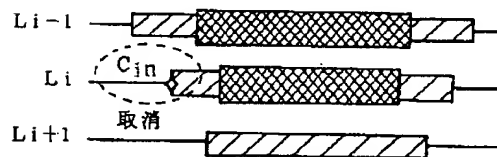


【図15】

## 2種類のDETC出力

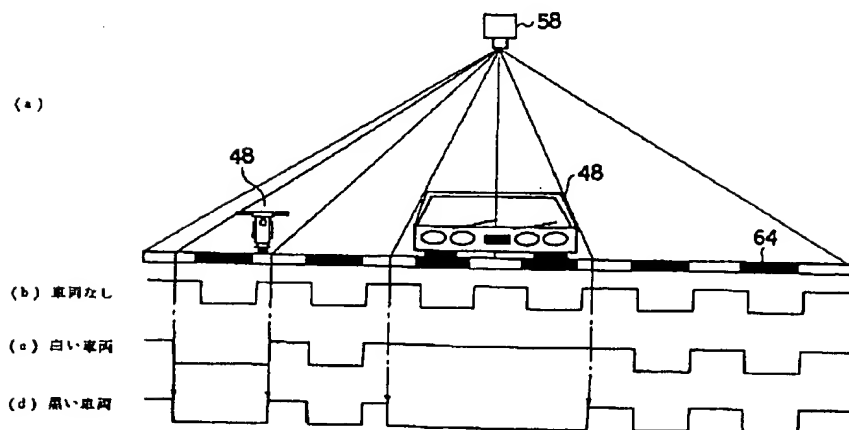


【図26】

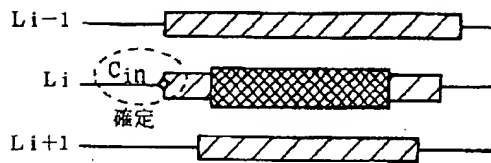


【図16】

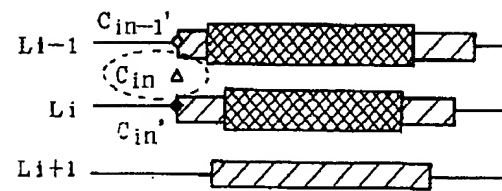
## ラインスキャナデータの内容



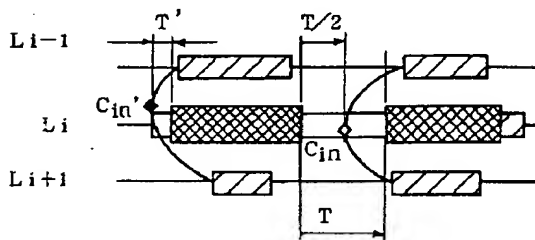
【図27】



【図28】

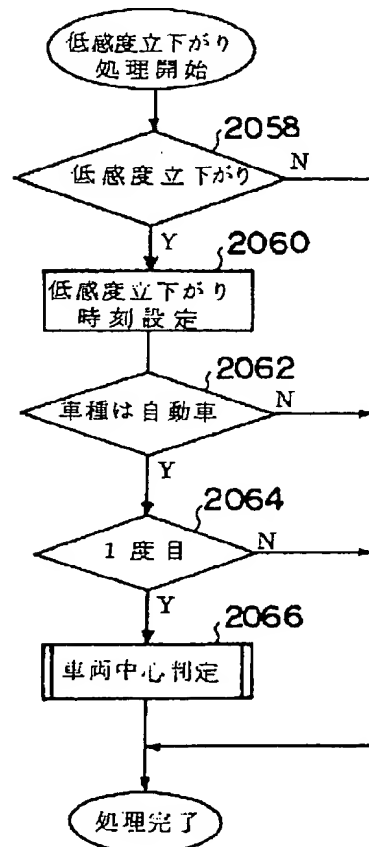


【図29】



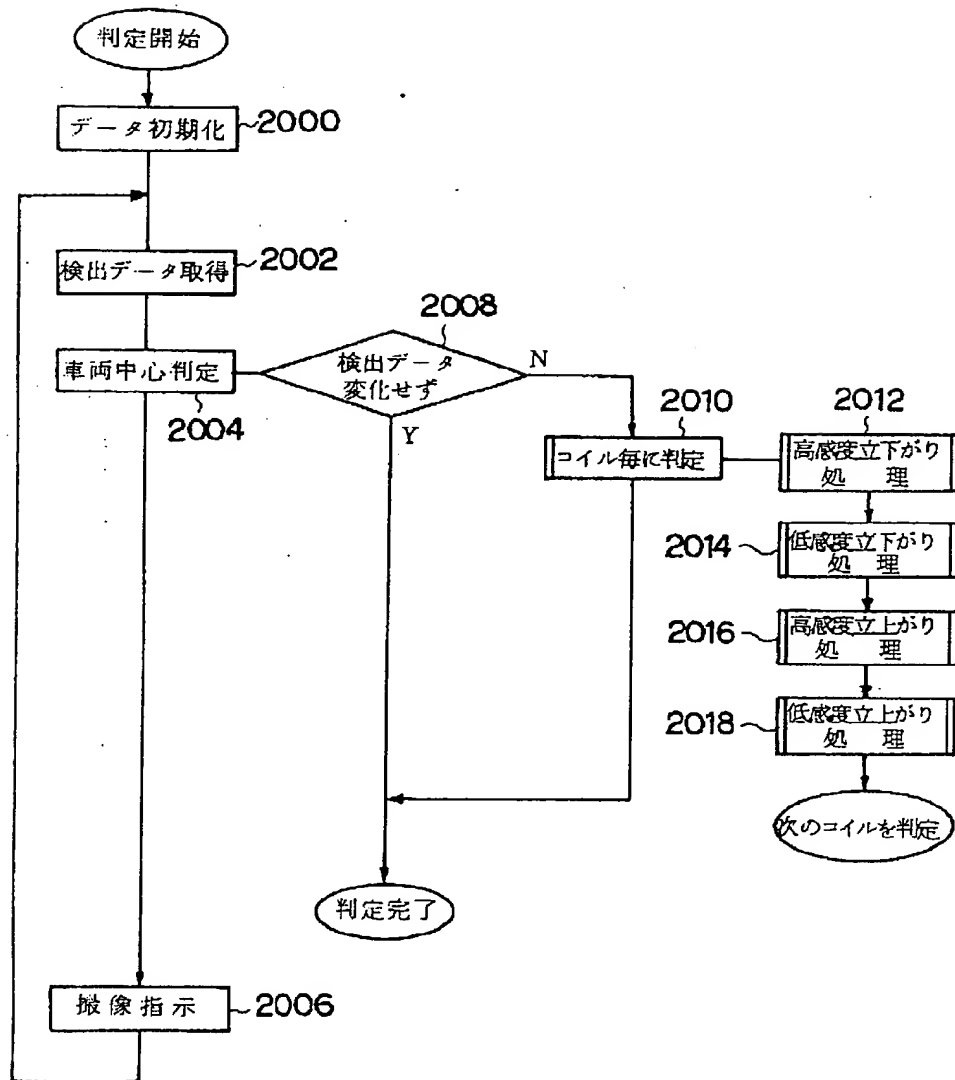
【図32】

車両中心位置フロー／低感度立下がり



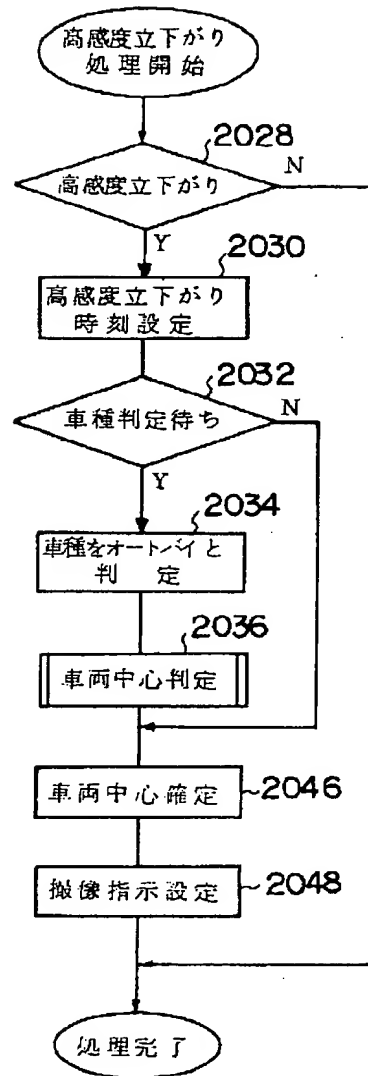
【図 3 0】

## 車 両 中 心 位 置 判 定 フ ロ ー



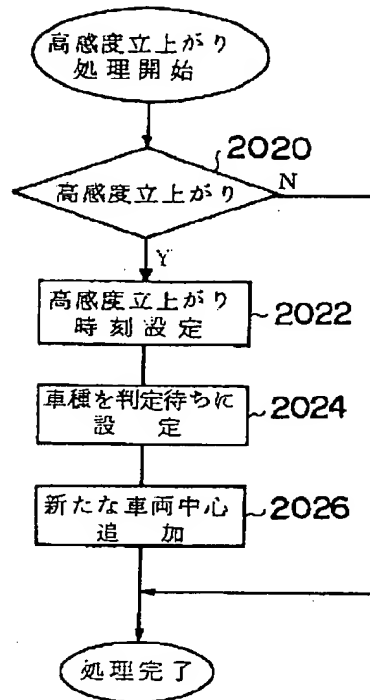
【図31】

車両中心位置判定フロー／高感度立下がり



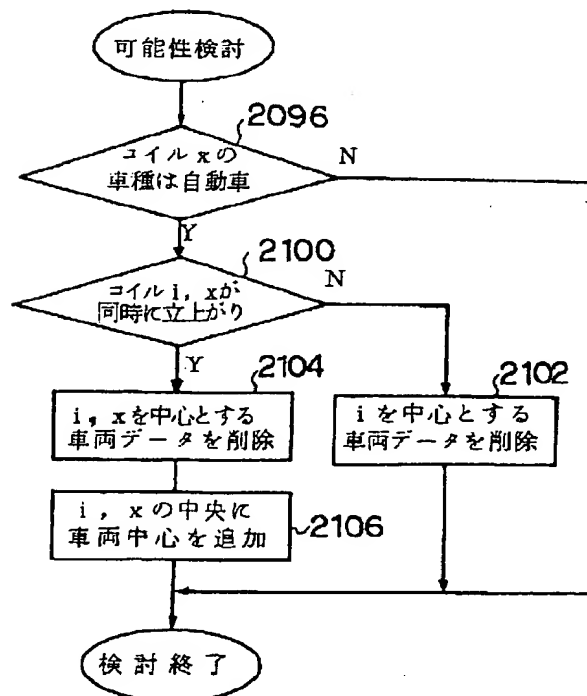
【図33】

## 車両中心位置判定フロー／高感度立上がり



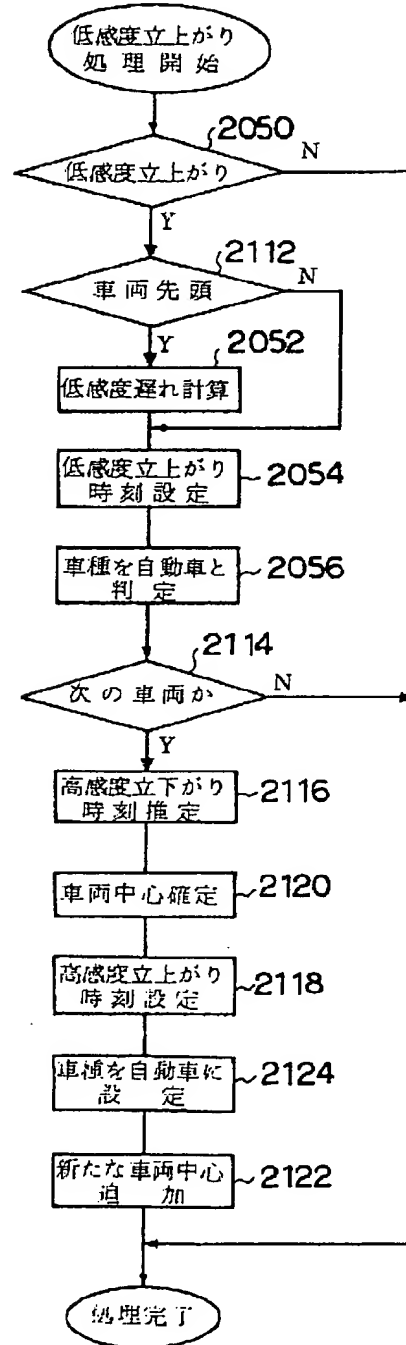
【図36】

## 車両中心位置判定フロー／車両中心の可能性検討



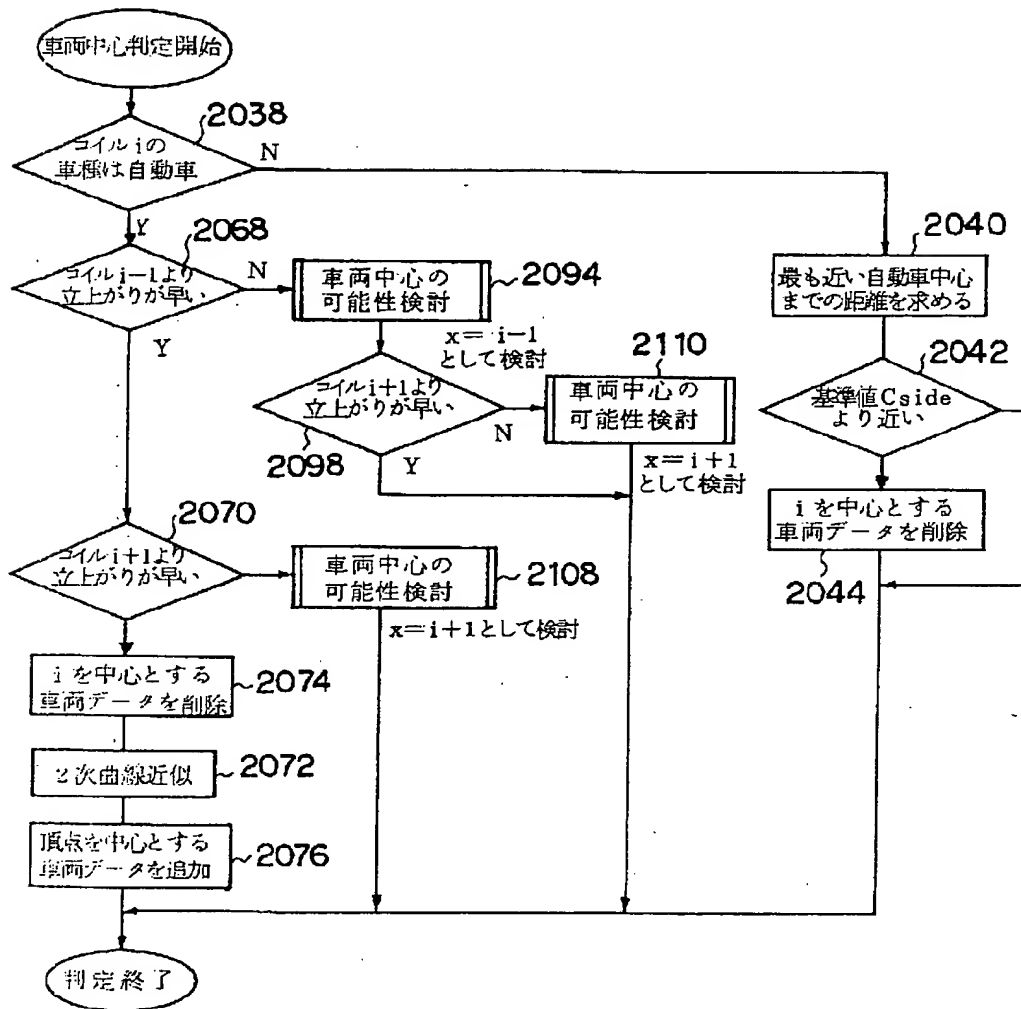
【図34】

車両中心位置判定フロー／低感度立上がり



【図 35】

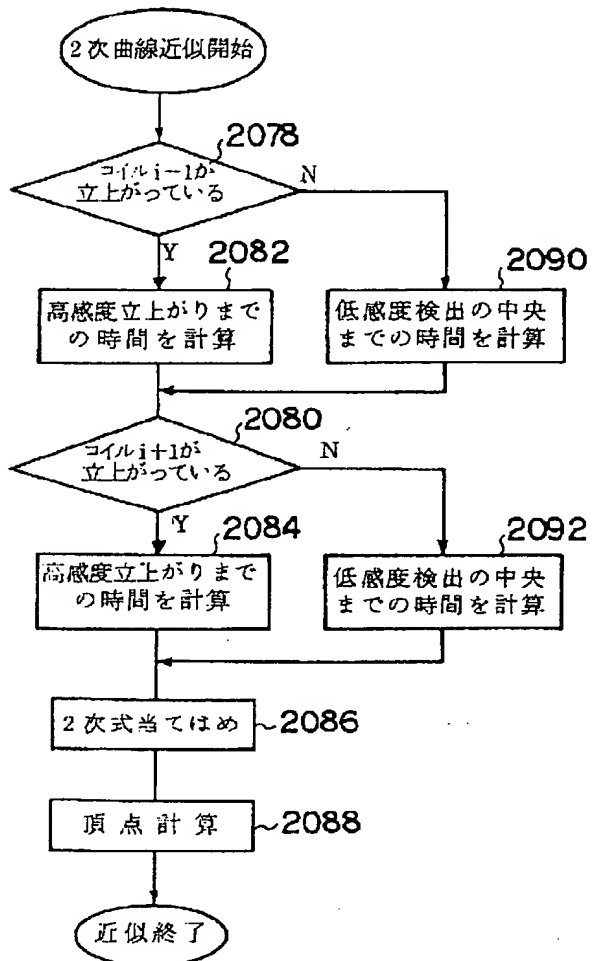
## 車両中心位置判定フロー／車両中心判定



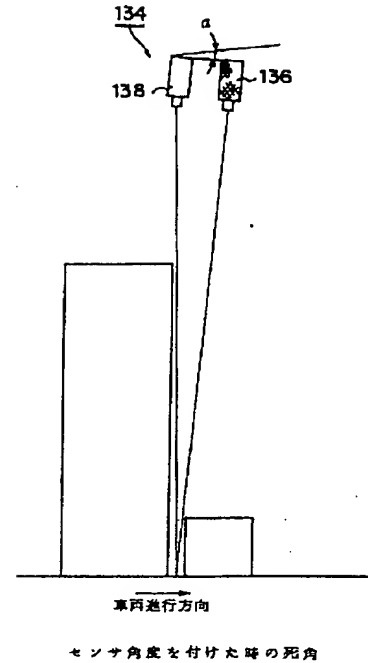


【図 37】

車両中心位置判定フロー／2次曲線近似

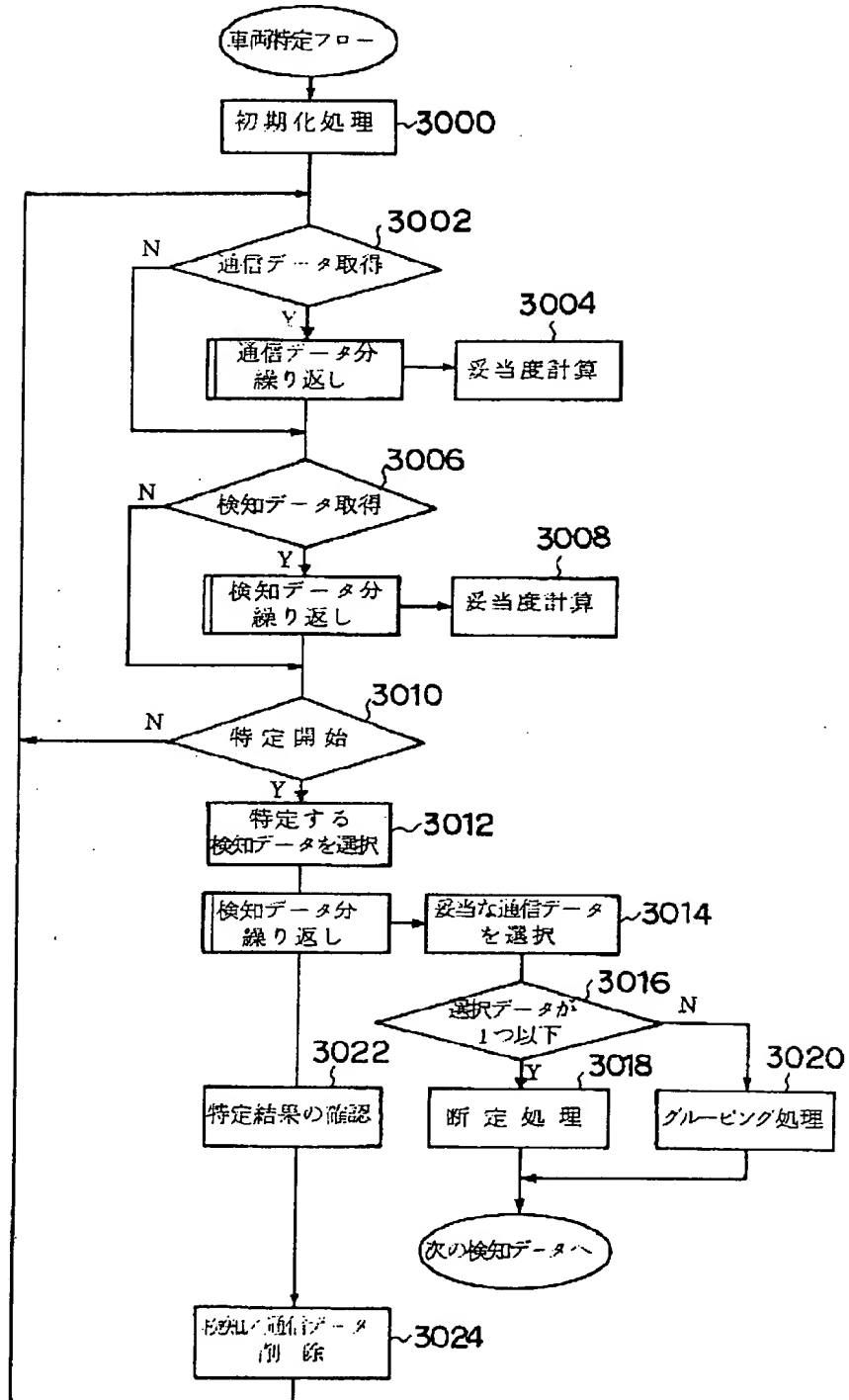


【図 46】



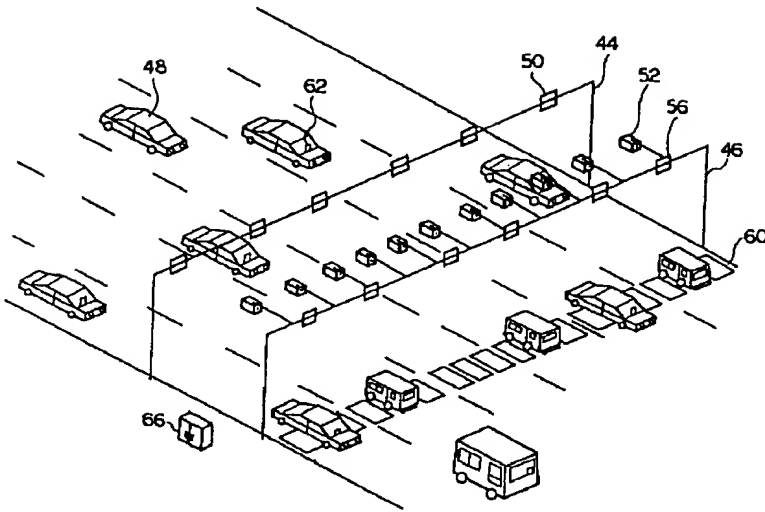
【図38】

## 車両特定フロー



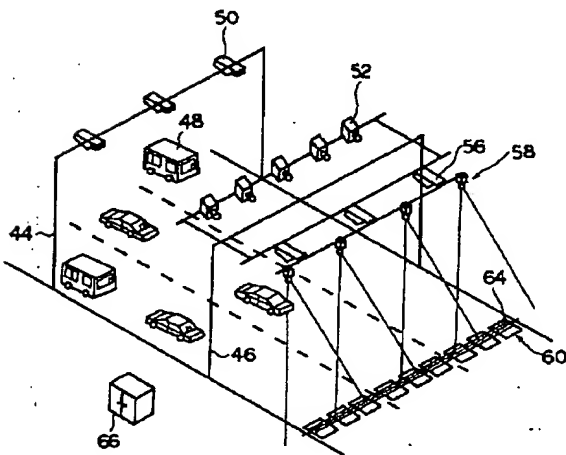
【図 39】

システムの外観

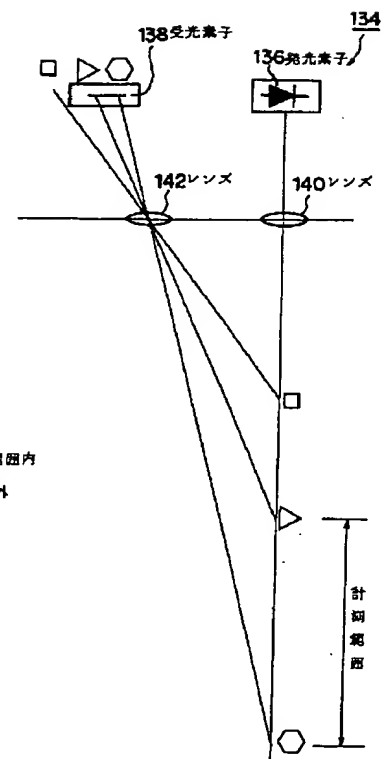


【図 40】

システムの外観

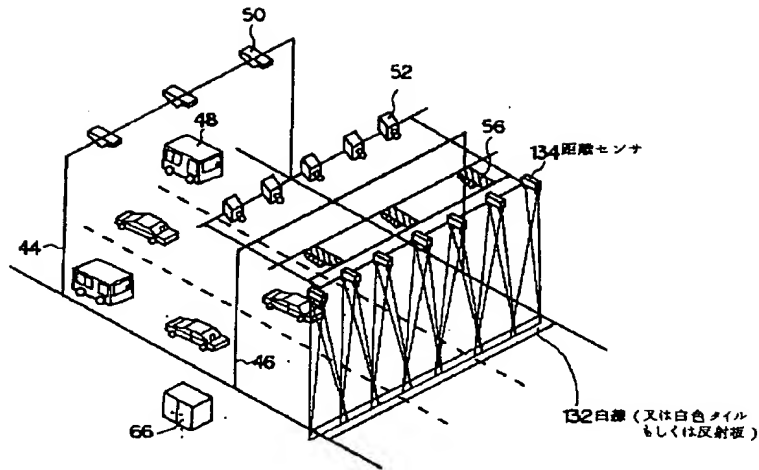


【図 42】



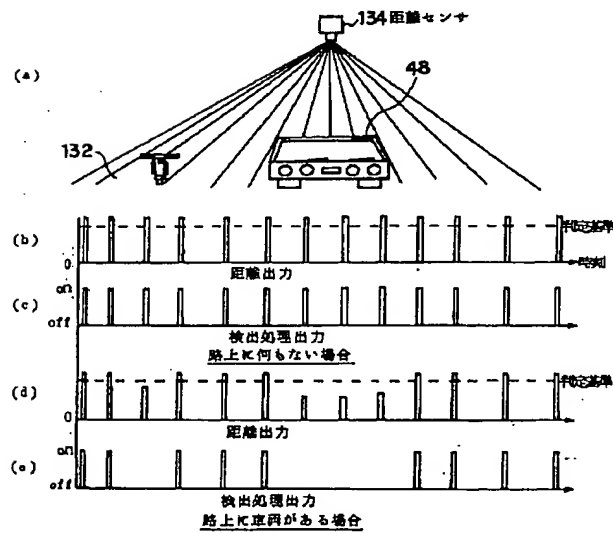
【図41】

システムの外観

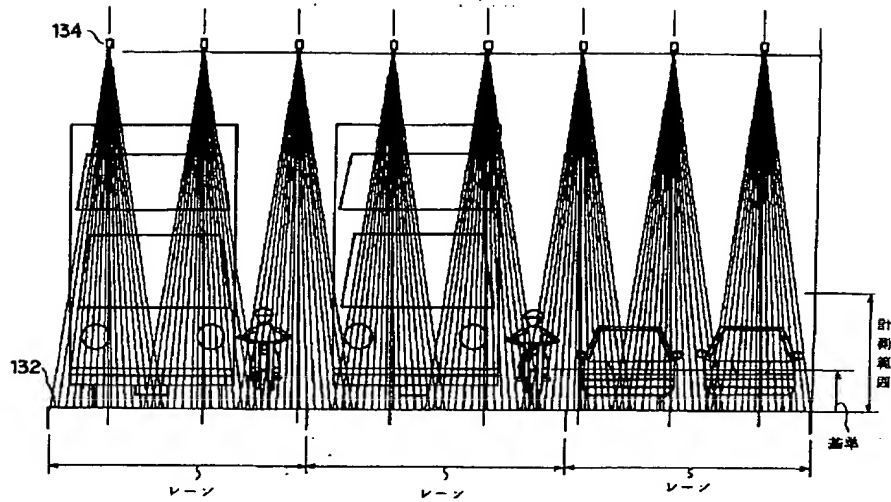


【図43】

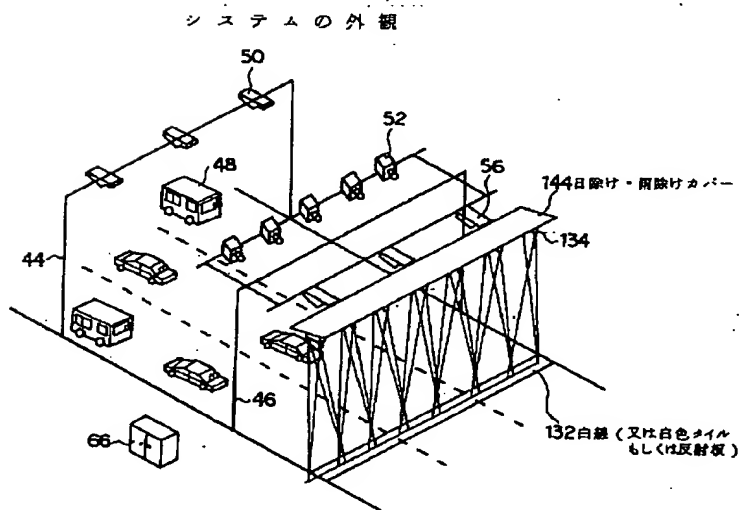
距離信号出力例



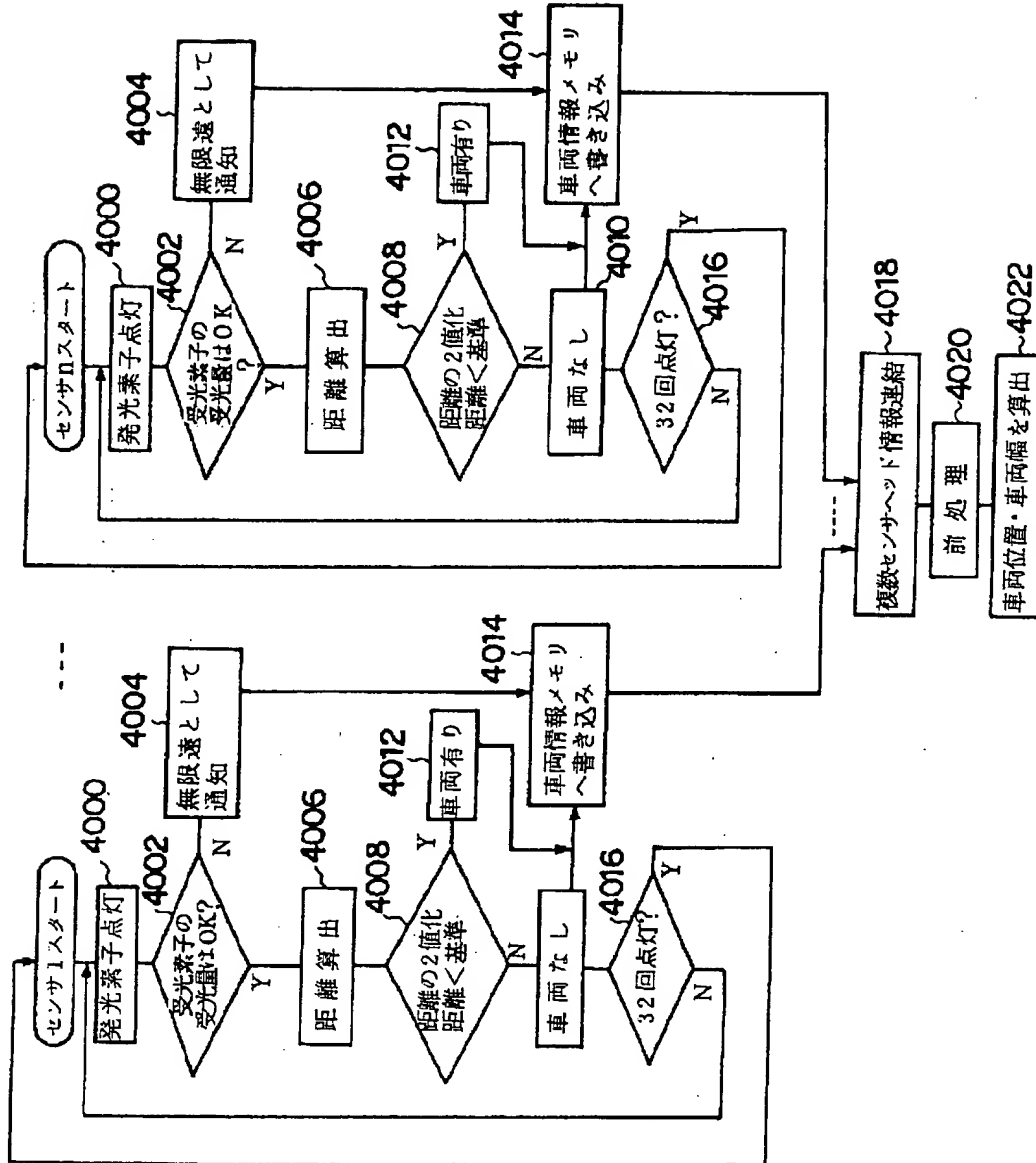
【図44】



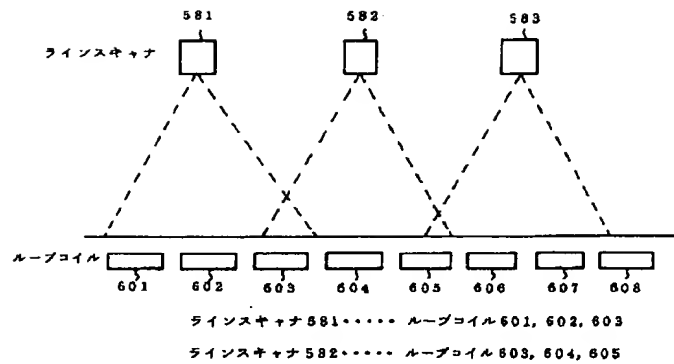
【図48】



【図47】



【図 49】



フロントページの続き

(72)発明者 奥田 武彦  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(72)発明者 天野 肇  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(72)発明者 石川 爽一  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内